

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Konstrukce softwarového nástroje projektu využití fotovoltaiky jako alternativního zdroje energie

Construction of a Software Tool for Projects of Photovoltaics Utilization as an Alternative Energy Resource

Bakalářská práce

Autor:	Pavel Novotný
Vedoucí práce:	Ing. Hana Čermáková, CSc.
Konzultant:	Ing. Julie Volfová

V Liberci dne 20. 5. 2011

Příjmení a jméno studenta, (osobní číslo - nepovinné)	Pavel Novotný
Datum zadání BP	30.9. 2010
Plánované datum odevzdání	20.5. 2011
Rozsah grafických prací	Dle potřeby dokumentace
Rozsah průvodní zprávy	cca 40 stran
Název BP (česky)	Konstrukce softwarového nástroje projektu využití fotovoltaiky jako alternativního zdroje energie
Název BP (anglicky)	Construction of a Software Tool for Projects of Photovoltaics Utilization as an Alternative Energy Resource
Zásady pro vypracování BP	
<ul style="list-style-type: none"> - Analýza technologie, definice určujících technických a technologických parametrů výkonu fotovoltaiky pro zvolený objekt - Analýza legislativy ovlivňující ekonomické vstupy - Analýza provozních nákladů pro zvolený objekt - Sestavení algoritmů nákladového modelu v závislosti na výkonu zařízení ev. dalších parametrech - Zpracování nákladového projektu do sw. nástroje, výsledné údaje formou tabulek resp. grafů 	
Seznam odborné literatury	
<p>[1] Relevantní odborné publikace (MPO ČR, CZEPHO, Czech RE Agency apd.)</p> <p>[2] Řehák, J. a kol.: Fotonvoltaika a fotonvoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování, (on-line) ČEA, 1998. Přístup z Internetu z URL:www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/848</p> <p>[3] Miroslav Synek a kol.: Manažerská ekonomika, Grada Publishing a.s., 2003, ISBN 80 - 247-0515-X</p>	
Vedoucí BP	Ing. Hana Čermáková, CSc.
Konzultant BP (u externích pracovníků uveďte plný název pracoviště – firmy)	Ing. Julie Volfová

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o autorském právu, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Pavel Novotný

V Liberci dne 20. 5. 2011

ABSTRAKT

Cílem této práce je navrhnout softwarový nástroj pro výpočty ekonomických ukazatelů využití fotovoltaiky jako alternativního zdroje energie. V úvodní teoretické části jsou popsány technologie, které se používají v souvislosti se získáváním energie ze slunečního záření. V druhé části této práce je pro vybraný objekt vypracován ekonomický model, který zohledňuje základní požadavky rodinného domu, tedy návratnost a efektivnost, dále je spočítána čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento, kumulované příjmy, účinnost, ekonomická balance, ušetřená a dokoupená energie. V analýze se uvažuje s průměrným růstem cen energií, snižováním (amortizací) efektivností fotovoltaických panelů, modálním růstem indexu průmyslových cen, omezenou životností akumulátorů.

ABSTRACT

The aim of this work is a design of a software tool for calculations of economic indicators of utilization of photovoltaics as an alternative source of energy. In the introductory part, there are described technologies which are used in connection with obtaining of energy from solar radiation. In the second part of this work, an economic model for a selected object is worked out which considers basic requirements for living in family house as for economic return, effectiveness. Further we figured out net present value, internal revenue ratio, cumulated incomes, efficiency, economical balance, saved and additionally bought energy. In the analysis, there are considered average growth in energy prices, reduction (amortization) of effectiveness of photovoltaic panels, growth in industrial price index and limited life of accumulators.

KLÍČOVÁ SLOVA

Alternativní zdroj energie
Malá fotovoltaika
Softwarový nástroj
Diskontované peněžní příjmy
Efektivnost a návratnost systému
Provozní legislativa

KEY WORDS

Alternative energy source
Small photovoltaic
Software Tool
Discounted cash receipts
Efficiency and return system
Operating legislation

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	SLUNCE JAKO ENERGIE.....	10
2.1	SOLÁRNÍ PANELY	14
2.1.1	<i>Historie.....</i>	<i>15</i>
2.1.2	<i>Současná technologie</i>	<i>16</i>
2.1.3	<i>Ekonomické aspekty termických panelů.....</i>	<i>17</i>
2.2	FOTOVOLTAICKÉ PANELY	18
2.2.1	<i>Historie.....</i>	<i>20</i>
2.2.2	<i>Současná technologie</i>	<i>21</i>
2.2.3	<i>Topologie zapojení a příklady instalací fotovoltaiky</i>	<i>22</i>
2.3	HYBRIDNÍ SYSTÉMY	24
2.4	EXPERIMENTÁLNÍ METODY	24
3	PŘÍPADOVÁ STUDIE – FOTOVOLTAIKA PRO RODINNÝ DŮM.....	27
3.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU	27
3.2	TECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA INSTALOVANÉHO SYSTÉMU	30
3.3	EKONOMIKA A LEGISLATIVA	32
3.3.1	<i>Provozně-ekonomická charakteristika.....</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Legislativa.....</i>	<i>35</i>
3.4	NÁKLADOVÝ MODEL	36
3.4.1	<i>Pořizovací náklady uvažovaného systému.....</i>	<i>36</i>
3.4.2	<i>Provozní náklady uvažovaného systému</i>	<i>36</i>
3.5	MODEL VÝNOSŮ	37
3.5.1	<i>Výkon systému</i>	<i>37</i>
3.5.2	<i>Provozní zisk systému</i>	<i>37</i>
3.6	MODEL CASH FLOW.....	39
3.7	SWOT ANALÝZA.....	40
4	NÁVRH SOFTWAREVÉHO NÁSTROJE.....	40

4.1	GRAFICKÉ ROZHRANÍ.....	40
4.2	ANALÝZA CITLIVOSTI	41
5	ANALÝZA VÝSLEDKŮ	41
6	ZÁVĚR.....	42
	POUŽITÁ LITERATURA	43
	PŘÍLOHY	45

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Wp	[watt peak]	vyjadřuje jednotku špičkového elektrického výkonu FVE
PPI		Index průmyslových cen
ERU		Energetický regulační úřad
VVP		Vnitřní výnosové procento (anglicky IRR)
OTE		Operátor trhu s elektřinou
ČSH		Čistá současná hodnota
FVE		Fotovoltaická elektrárna
TUV		Teplá užitková voda

1 ÚVOD

Energie je v současnosti jednou z nejdůležitějších věcí na této planetě. Počátky jejího využívání sahají do hlubin našich dějin. Ať už se jedná o tepelnou, vodní, větrnou, sluneční či geotermální energii, lidské úmysly byly vždy stejné – nasýtit potřebu (poptávku).

Energie jako taková je velmi důležitá. Můžeme ji definovat jako schopnost konat práci. Z této myšlenky je jednoduché odvodit lidské chápání její existence – ulehčení v našem (fyzickém) úsilí.

Její rozmach ve využívání se datuje do devatenáctého a dvacátého století, kdy postup industrializace pokořoval všechny kouty známého světa.

Ať už se jednalo o uhelnou, jadernou, vodní, větrnou, geotermální či sluneční, vždy bylo na prvním místě těchto snah jediné – získat energii a využít ji. V posledních letech se začíná přihlížet (prvně tomu bylo v roce 1973 při tzv. „ropné krizi“) ke skutečnosti možné vyčerpatelnosti surovin pro výrobu energie (zejména v uhelné a jaderné energetice). Skutečnost, že sluneční záření na zem dopadá od Počátku, a to v celkem stabilní míře, je dobrým startovacím impulzem pro tuto technologii.

Cílem této práce je popsat technologie získávání energie ze slunečního záření, které jsou v současnosti na trhu dostupné a které mají za cíl zvýšení nezávislosti na externích dodavatelích. Dále navrhnout softwarový nástroj, který pomocí vstupních dat spočítá ekonomické ukazatele důležité pro rozhodování koncového uživatele. Pomocí softwarového nástroje spočítat na modelovém domě běžně používané ekonomické výstupy (vnitřní výnosové procento, čistou současnou hodnotu, návratnost, ekonomickou bilanci, efektivnost aj.).

Navržený softwarový nástroj by měl uživateli dát ekonomický model, který si klade za cíl snížení nákladů na provoz a nezávislost domácnosti na externím dodavateli.

2 SLUNCE JAKO ENERGIE

Slunce je základním a nepostradatelným zdrojem energie pro celou naši planetu v průběhu celé historie i současnosti. Sluneční záření zasahuje povrch Země zčásti přímo (tzv. přímé záření), zčásti odrazem o mraky, částice vodní páry a aerosolové částice v atmosféře (tzv. difúzní záření) a zčásti odrazem od okolních povrchů (tzv. odražené záření). Množství energie, jež takto zasahuje zemský povrch, je přibližně 15000-krát větší, než dosahuje lidská (celosvětová) spotřeba energie. Jedná se proto (teoreticky) o neuvěřitelný potenciál k nasycení lidských potřeb v této oblasti.

Pro srovnání zde uvádím energetický potenciál dalších zdrojů energie¹:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 1 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ t uhlí} = 29 \cdot 10^9 \text{ J} = 8 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ l nafty} = 1,4 \text{ kg uhlí} = 12 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ zemního plynu} = 1,1 \text{ kg uhlí} = 9 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ barel nafty (159 l)} = 195 \text{ kg uhlí} = 1 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

V příloze „Prubeh vyroby a spotreby elektriny ve dni rocniho minima.png“ a v kapitole PŘÍLOHY této práce je pro přehled uvedeno porovnání různých zdrojů energie v ČR v závislosti na jejich výkonu (podílu).

Přímé záření dopadá na plochu (zem) bez jakéhokoliv rozptylu v atmosféře. Naproti tomu difúzní sluneční záření dopadá na plochu rozptýleně vlivem přítomnosti vody (v elementárním slova smyslu) v atmosféře. Podle německé firmy STIEBEL ELTRON GmbH je rozdíl v intenzitě obou záření výrazný. Přímé záření je po celý kalendářní rok přibližně 1,5 až 2 krát intenzivnější. Solární energetický zisk je součtem přímého a difúzního záření.

Sluneční záření lze různě využívat, zejména k výrobě tepla, chladu a elektřiny, dále pak přeneseně (nepřímé sluneční záření) jako energii vodních toků, mořských vln či tepelnou energii prostředí. Asi nejvýznamnějším přímým zdrojem této energie je energie uložená v rostlinách a jiné živé hmotě – biomase.

¹ [14]: s 2,3

Z praxe rozeznáváme několik základních možností, jak tuto energii využít (přeměnit na teplo či elektřinu). Elektrickou energii lze získávat ve zdejších podmínkách zejména pomocí fotovoltaických článků (panelů).¹ Přeměna světelného záření na teplo (tzv. fototermální přeměna) může být pasivní či aktivní.

Pasivní přeměna světelného záření na teplo probíhá zejména u budov s prosklenými fasádami či u zimních zahrad. Aktivní pak u systémů, u nichž je tato funkce prvořadá (sluneční kolektory).

Sluneční energie dopadající na horizontální plochu má v Evropě (roční) příkon od 0,9 do 2 MWh/m² (viz. obr. č. 1). S přibývajícím nadmořskou výškou se průměrné hodnoty zvyšují (v n.v. od 700 do 2 000 m je to o cca 5%). Z mapy je zřetelná závislost na zeměpisné poloze (zejména zeměpisné šířce).

Sluneční energie dopadající na horizontální plochu má v ČR (roční) příkon od 1 do 1,25 MWh/m². V roce 2006 bylo v ČR instalováno cca 75 000 m² funkčních solárních termických systémů a cca 320 kW fotovoltaických systémů.² V ČR není (v porovnání s Evropou) znatelný rozdíl v jednotlivých geografických oblastech země. Největší rozdíly jsou v řádu cca 10% (oblast severozápadních Čech a jižní Moravy). I přes tuto skutečnost v Libereckém kraji byla v roce 2010 instalována největší fotovoltaická elektrárna u nás.³

V roce 2010 (stav k 1.12.2010) byl instalovaný (teoretický) výkon fotovoltaiky v ČR 1,4 GW. Na základě analýzy dat z let 2005, 2006, 2007, 2008 a 2010 lze říct, že ČR prodělala největší (solární, energetický) boom v novodobých dějinách.⁴

¹ [12]: s 8

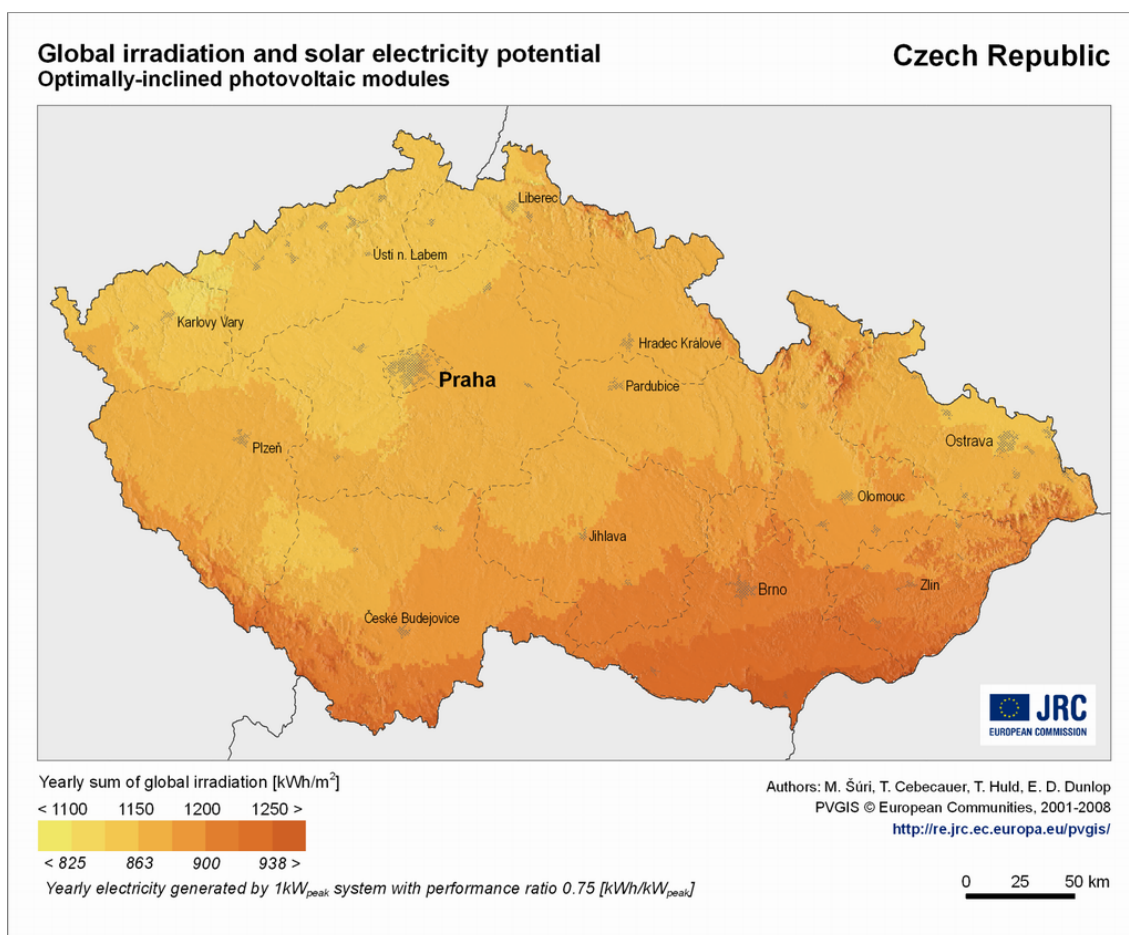
² [4] a [12]: s 8

³ URL - dostupné on-line:

<http://licence.eru.cz/detail.php?lic-id=111017525&sequence=1&total=1>

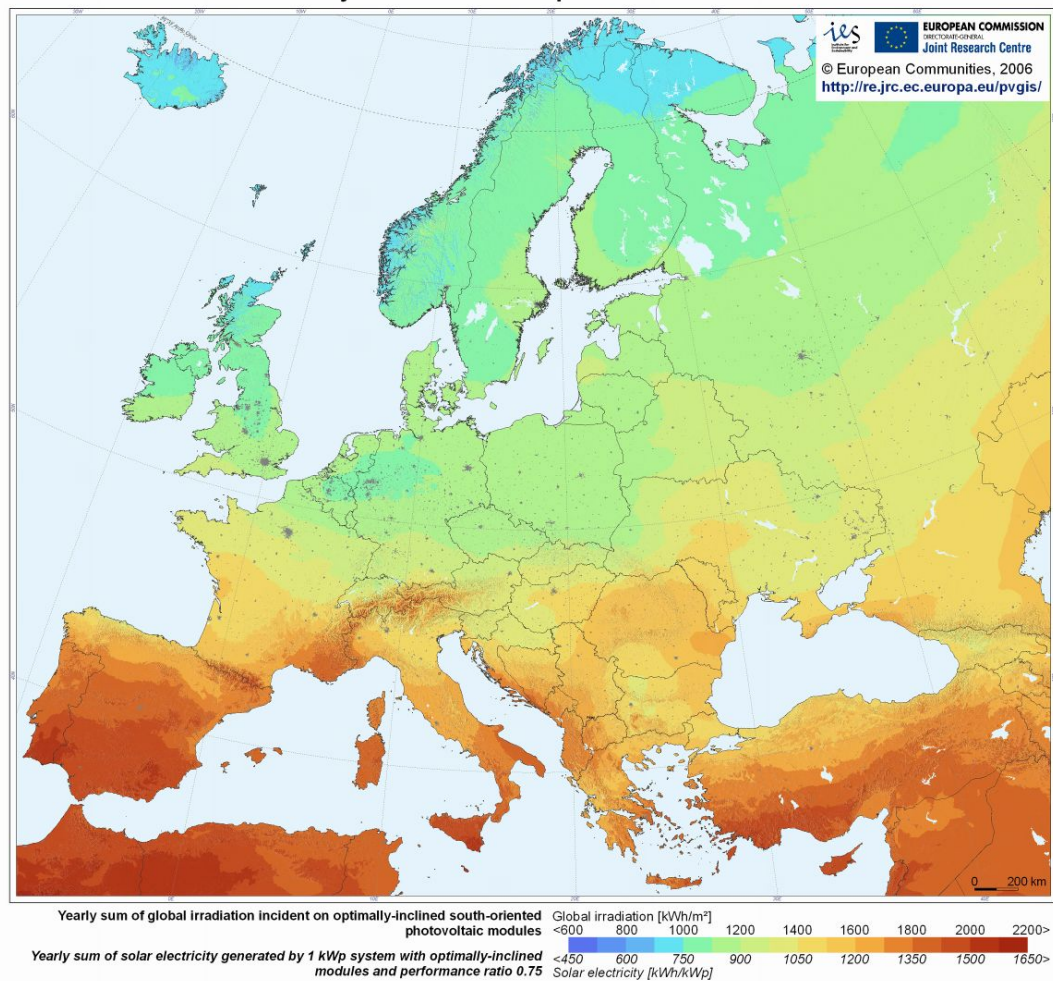
a http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_největších_fotovoltaických_elektráren_v_Česku

⁴ [10]



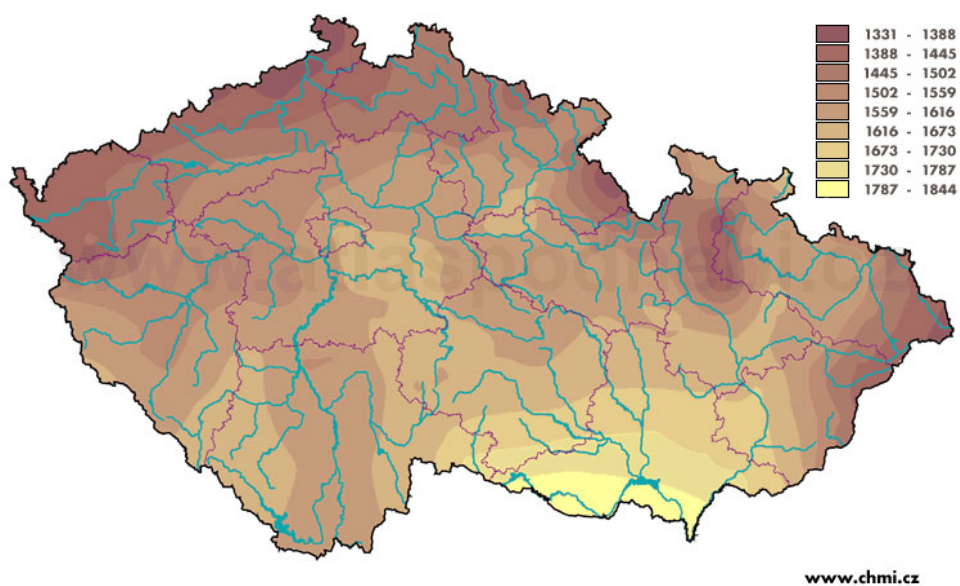
Obrázek 1 – Fotovoltaický elektrický potenciál v ČR

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Obrázek 2 – Fotovoltaický elektrický potenciál v Evropě

Roční průměrná doba slunečního záření [h]



Obrázek 3 – Roční průměrná doba slunečního záření [hod]

2.1 Solární panely

V odborné praxi se více používá termín „termické panely“. Termické panely se používají k přeměně sluneční energie na tepelnou. Z hlediska způsobu využití tepelné energie se takové systémy dělí na:

- Aktivní
- Pasivní
- Hybridní

Nejvíce rozšířené jsou aktivní systémy. Ty se odlišují od pasivních či hybridních tím, že sběrné zařízení (kolektor) a zařízení pro akumulaci (viz kap. 2.1.2) představují separátní technické instalace náležející (zejména) budově volně (lze ho odebrat a funkce budovy nebude narušena).



Obrázek 4 – Solární (termický) systém na střeše domu (Praha, 2009)

2.1.1 Historie

Dalo by se říct, že velkému rozvoji termických panelů (myšlenka využití slunce – slunečního záření jako zdroje energie pro člověka) nejen v bývalé ČSR pomohla ropná krize v roce 1973. Svět začal hledat další jiné možné cesty, než jen upřednostňování ropné či uhelné závislosti.

Vývoj nemrznoucích kapalin, které byly často toxické, tento problém brzdil. První kolektory měly manuální ovládání a byly velmi jednoduché. Těm dnešním zdaleka nestačily ve výkonu či velikosti.

Vůbec úplně nejstarší solární soustava u nás pochází z roku 1976, která byla instalována v závodě VŽKG v Kojetíně na Přerovsku (dodnes funkční!). Dalším a jedním z prvních větších československých koncentračních kolektorů byl kolektor na ohřev 2500 l TUV¹ denně v závodě Státního statku Kroměříž v roce 1984.

Na Slovensku v roce 1980 byly zkušebně realizovány poprvé kolektory v podnikovém rekreačním středisku Borovice. V roce 1984 byl zprovozněn první systém v Pliešovciach (okres Zvolen) s výkonem 2 x 2500 l TUV denně (48 ks, 96 m²). Byl zde vůbec poprvé použit hliník (celohliníkové kolektory SALK 200).

Když pak v roce 1989 se otevřely hranice, mohl český vývoj změřit síly se zahraničím. Například v sousedním Rakousku bylo do roku 1989 běžné, aby si solární kolektory pro ohřev TUV pořizovaly domácnosti. Naproti tomu u nás to byla záležitost spíše státních podniků.

Protože je možné ohřívat TUV pomocí solárních kolektorů jen od dubna do září, jejich využívání bylo velmi specifické. Po roce 1990 se začalo uvažovat o hybridních systémech, u nichž by bylo využití stálé. Mimo jiné tato myšlenka pomohla rozvinout tepelná čerpadla v kombinaci s ohřevem TUV pomocí solárních panelů. Takový systém je pak samozřejmě pro koncového zákazníka velmi lákavý.

¹ TUV = Teplá Užitková Voda; tak i dále



Obrázek 5 – Kroměříž, 1984 (foto: J. Baloun)

2.1.2 Současná technologie

Pro ohřev vody, případně v menší míře pro kombinované využití (tedy k ohřevu TUV a přitápění budov), se nejčastěji používají systémy s kapalinovými solárními kolektory. Jejich principem je přeměna slunečního záření zachyceného absorberem¹ kolektoru na tepelnou energii, která se shromažďuje v teplonosné kapalině. V současné době jsou nejpoužívanější aktivní solární systémy s plochými kapalinovými kolektory, vybavené hliníkovým či měděným absorberem. Solární kolektory dokáží využít i difúzní sluneční záření. Díky tomu účinnost kolektorů dosahuje až 70%. V laboratorních podmínkách se účinnost dostává i k 90%. U levnějších (plastových) kolektorů a absorberů, které jsou určeny zejména pro sezónní použití a jsou vhodné pro ohřev vody v bazénech, klesá jak cena, tak i účinnost – okolo 40%. Lze je používat v teplejších měsících (duben až říjen). Současné technologie však neumožňují samostatné (celoroční) vytápění pomocí aktivních solárních systémů.

Druhou možností, jak získat tepelnou energii, je využití teplovzdušných kolektorů, u kterých je zachycené teplo předáváno vzduchu, který poté cirkuluje ve vnitřních prostorech budov.

¹ absorber = zařízení pro pohlcování (plynů v kapalině)

K akumulaci sluneční (tepelné) energie je vhodné užití zásobníků (vodních, šterkových aj.). Nejpoužívanější akumulací je krátkodobá, tj. v řádu několika dní. Kvůli závislosti na ročním období jsou systémy navrhovány jako bivalentní (v případě nižší či žádné sluneční aktivity se systém začne doplňovat druhým zdrojem, nejčastěji elektrokotlem, tepelným výměníkem, plynovým kotlem aj.). Systémy jsou dimenzovány tak, aby byly schopny pokrýt cca 40 až 60 % poptávky po TUV (je vhodné mít zavedenou evidenci spotřeby TUV z předchozích let).

Využití termických panelů:

- Ohřev bazénové vody
- Ohřev TUV v rodinných a bytových domech
- Ohřev TUV v terciárním sektoru (zejména tam, kde je poptávka po TUV jen sezónní – kempy, koupaliště, penziony apod.)

Obvyklá topologie systému:

- Solární (termální) kolektor s příslušenstvím
- Solární bojler s výměníkem
- Solární instalační jednotka – oběhové čerpadlo, pojistný ventil, kulové ventily, teploměr, manometr
- Expanzní nádoba a zabezpečovací zařízení
- Armatury – odvzdušňovací ventily, plnicí armatura
- Potrubí a tepelné izolace
- Řídicí systém soustavy s teplotními čidly a vodiči

2.1.3 Ekonomické aspekty termických panelů

Hlavní město Praha nabízí dotace k solárním kolektorům. Dotace se vztahuje na ohřev užitkové vody solárními kolektory. Její výše je 4 000 Kč/m², max. však 80 000 Kč na jedno zařízení.¹ Z programu dotací na přeměnu topných systémů a využití OZE do roku 2008 bylo vyplaceno 413 mil. Kč na téměř 40 tisíc bytů.

¹ URL – dostupné on-line: www.solarniliga.cz/pdf2/praha_oze.pdf

2.2 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely (systémy) jsou založeny na tzv. fotovoltaické přeměně. Jedná se o fyzikální děj, při kterém dochází při dopadu slunečního záření na polovodičový fotovoltaický článek k přeměně (nikoliv „vzniku“) absorbovaného slunečního záření na stejnosměrný elektrický proud, který je (většinou) přeměněn pomocí měniče (invertoru) na střídavý proud.

Podle konstrukce můžeme systémy rozdělit na:

- Statické (jsou pevně připevněné k zemi)
- Otočné (natáčí se pomocí otočné středové osy)

Podle aplikace můžeme systémy rozdělit na:

- Autonomní - systém s využitím akumulátorů
- Hybridní – systém v kombinaci s další jednotkou (např. diesela agregátem)
- Systém přímo spojený se sítí - za účelem komerční „výroby“ el. energie



Obrázek 6 – Fotovoltaická elektrárna (Ralsko, 2010)



Obrázek 7 – Systém otáčivých panelů (VAPO Litomyšl s.r.o., Litomyšl 2010)



Obrázek 8 – Solární panel od společnosti Kyocera

2.2.1 Historie

Všechno to začalo v roce 1839 náhodným objevem mladého 19letého francouzského fyzika Alecandra Edmonda Becquerela. Při experimentech s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu zjistil, že při jejich osvětlení začne procházet malý proud. První skutečný fotovoltaický článek s použitím selenu vytvořil Adams a Day v roce 1877. Další významný krok učinil roku 1883 Fritts. Jeho první články už měly plochu 30 cm^2 , účinnost okolo 1% a bylo možné je vyrábět hromadně. Fritts také jako první odhadl, jak velký využitelný potenciál toto zařízení má. Ke komerční výrobě a praktickému využití ale nedošlo; účinnost byla přece jen ještě velmi nízká. Grondahl použil pro fotovoltaické články oxid měďný vytvořený v tenké vrstvě na měděném plechu. Proud se odváděl spirálou z olověného drátu nebo později kovovou mřížkou vytvořenou napařením. Celé uspořádání se již podobalo dnešním fotovoltaickým článkům. Tato technologie měla výhodu v levném a dostupném materiálu, účinnost však sahala stále jen k jednociferným číslům.

Křemíkový fotovoltaický článek patentoval Russell S. Ohl v roce 1946 v USA. Ve spolupráci s Bellovými laboratoři v roce 1954 vytvořil fotovoltaický článek z křemíku dopovaného jiným prvkem (p-n přechod). Tehdejší článek dosahoval účinnosti okolo 6%. Kvůli drahým technologiím získávání čistého křemíku byla cena příliš vysoká pro praktické využití.

V roce 1958 přišel významný impuls pro rozvoj tohoto odvětví. NASA požádala Bellovy laboratoře o využití fotovoltaických článků jako zdroje energie na umělých družicích. Toto řešení bylo jediným způsobem, jak zajistit napájení družic. Na zemi se solární články začínají uplatňovat až o deset let později, kdy jejich cena klesla. Využití nacházely na odlehlých místech s nízkým odběrem elektrické energie.

Větší využití fotovoltaických článků nastalo až při ropné krizi (1973), kdy se začaly hledat další cesty, jak se zbavit závislosti na ropě. Druhým aspektem bylo masivní rozšíření křemíkových polovodičových součástek, a tedy také levnější masová výroba čistého křemíku. USA až do roku 1998 si udržují první místo v instalovaném výkonu, kdy jej vystřídalo Japonsko. To v roce 2004 mělo 50% celosvětového instalovaného výkonu.

V současnosti převládá politická vůle přímých dotací, výhodných výkupních cen či bezúročné půjčky. Lze očekávat, že další výrazné mezníky v historii fotovoltaiky nás ještě čekají.

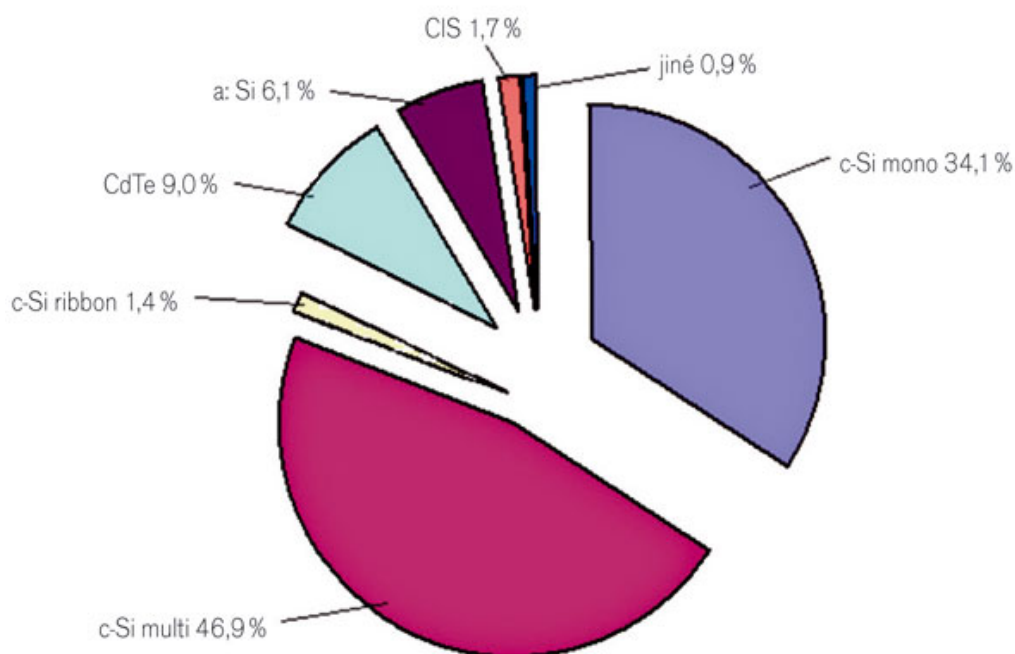
2.2.2 Současná technologie

Nejpoužívanějším materiálem pro fotovoltaické články je křemík. Křemík je pevná krystalická látka se strukturou podobnou struktuře diamantu (má jako uhlík 4 valenční elektrony). Na rozdíl od něj však absorbuje část slunečního záření a má vlastnosti polovodiče (zahřátím či osvětlením dochází ke zvýšení jeho vodivosti). Při absorpci fotonu (foton je elementární částice, kterou je popsáno kvantum elektromagnetické energie) ze záření dojde k přenosu jeho energie na elektron ve valenční sféře některého atomu křemíku. Elektron se uvolní a v mřížce zůstane jeden přebytečný kladný náboj (nazývá se díra). Do této „díry“ mohou přejít elektrony z jiného atomu křemíku a tak se díra může ve vrstvě pohybovat; chová se vlastně jako volný kladný náboj. Každý (fotovoltaický) panel obsahuje 2 vrstvy. První, vrstva s nedostatkem elektronů, se nazývá polovodič typu **p** a vrstva s nadbytkem polovodič typu **n**. Tím se zajistí usměrňovaný chod elektronů. V případě existence jen jedné vrstvy by totiž docházelo pouze ke krátkodobému uvolnění elektronu (a vzniku „díry“), ta by ovšem po krátké době byla zaplněna „chaotickým“ chováním článku. Spojení p a n vrstev nazýváme **p-n** přechod a je základem pro usměrňování diody, tranzistory a vlastně většinu elektronických součástí. Důsledkem přechodu elektronů z části, kde jich je více, do vrstvy, kde jich je méně, se objeví na p-n přechodu elektrické pole, které přesun dalších elektronů pochopitelně zastaví. Takto vzniklé pole přítomné na p-n přechodu dokáže oddělit elektrony a díry vzniklé absorpcí fotonu – elektrony „pošle“ do n-polovodiče a díry do p-polovodiče. Tím vznikne na sběrných kontaktech elektrické napětí a do připojené zátěže (spotřebiče) začne proudit elektrický (stejnoseměrný) proud.

Dnes obvykle používaná technologie umožňuje panel i ohýbat. Účinnost závisí na materiálu a způsobu provedení. Sério-paralelní zapojení jednotlivých článků umožňuje dosáhnout potřebného napětí a proudu. Zpravidla se zapojuje do série zhruba 36 článků pro dosažení výstupního napětí kolem 17 V, které je vhodné pro nabíjení 12 V akumulátorů (nebo dvojnásobek pro 24 V akumulátor). Běžně (v ČR) se při plném slunečním svitu dosahuje výkonu přes 100 W/m².

V praxi se můžeme běžně setkat s těmito technologiemi a užitými materiály:

- Články z monokrystalického křemíku (asi 34% trhu)
- Články z polykrystalického křemíku (asi 47% trhu)
- Články z amorfního křemíku (asi 6% trhu)
- Články CIS (CuInSe_2) (asi 1,7% trhu)
- Články z teluridu kadmnatého (asi 9% trhu)
- Články z galiumarsenidu
- Vícepřechodové struktury
- Organické fotovoltaické články



Graf 1 – zastoupení technologií za rok 2009 (zdroj: www.asb-portal.cz)

2.2.3 Topologie zapojení a příklady instalací fotovoltaiky

Jedním z nejznámějších projektů spolufinancovaným MŽP a MŠMT byl projekt Slunce do škol, který byl vyhlášen už v roce 1998. Jeho cílem je zvýšení podílu využívání energie z obnovitelných zdrojů. Financování probíhalo ze Státního fondu ŽP, který dotoval školy až do výše 100% (nejvýše však 100 000 Kč). Jedním z pilířů tohoto projektu byla i fotovoltaika, která se nejčastěji instalovala na střechy škol. Hlavní

myšlenkou programu je zásadní význam výchovy a osvěty pro další směřování společnosti.

Pro určení topologie je nutné rozhodnutí, zda bude systém samostatný či závislý (aspoň částečně) na externích dodávkách energie. Proto se v praxi můžeme setkat s těmito systémy:

- Veškerá získaná energie je ihned spotřebována (bez akumulace).
- Veškerá získaná energie je akumulována pro pozdější použití.
- Oba předchozí systémy mohou být doplněny o další zdroj energie (benzínový generátor, elektrická přípojka aj.).
- Veškerá získaná energie je předána do přenosové soustavy, objekt získává veškerou energii od externího dodavatele.

Každý systém má své výhody i nevýhody a záleží pouze na koncovém zákazníkovi, které kritérium je pro něj nejdůležitější a jaké má možnosti.

U prvního systému je výhodou zejména dlouhá životnost panelů, žádné další investice (invertor má průměrnou životnost jako panely), žádné baterie (s krátkou životností) či další zařízení. Systém je velmi jednoduchý. Jeho slabina tkví v tom, že nemůže do soustavy dodávat energii, když slunce právě nesvítí. V případě oblačnosti může krátkodobě klesat (kolísat) výkon.

Druhý systém vykryvá slabiny prvního s tím, že tentokrát cena a životnost akumulátoru jsou na obtíž. Energie je sice v omezené míře dostupná po celou dobu (i v noci), ale v případě dlouhodobého nesvícení slunce systém nefunguje. Životnost akumulátorů je přibližně 5 až 10 let. V případě opakované koupě akumulátoru (aby korespondovala s životností panelu) se celková cena systému může vlivem akumulátoru prodražit až o 80%.

Třetí systém se zdá být velmi lákavý. V případě, že není dodávána energie z fotovoltaiky, systém začne odebírat energii z jiného zdroje (benzínový generátor, externí dodavatel, vodní energie aj.). Krátkodobé výkyvy mezi přepnutím mezi systémy lze jednoduše ošetřit. Toto řešení nepřináší žádnou větší byrokracii a zdá se být rozumným kompromisem (i ve variantě s akumulátorem – v případě, že je vybitý, systém přejde na jiný zdroj energie).

Poslední systém je spíše (dle velikosti systému) elektrárnou. Děje se tak kvůli výhodným výkupním cenám. Systém veškerou získanou energii dodá do soustavy, kde ji externí dodavatel musí vykoupit (za výhodnou cenu). Veškerou energii pro běh objektu získává opět od externího dodavatele. Může se zdát, že je to pouze hraní si s tím, co je moje a co bude moje za chvíli, protože jsem ti to teď dal, ale jedná se ve skutečnosti o velmi lukrativní podnikání. Veškerou agendu totiž zajišťuje po připojení externí odběratel (ČEZ aj.), majitel fotovoltaického systému se pouze stará o provozuschopnost panelů, jejich střežení a pravidelné prohlídky. Oproti „klasické“ tepelné (uhelné) elektrárně je s výrobou a dodáváním energie do sítě výrazně méně práce.

V každém případě dle zákona č. 91/2005 Sb. je nutné mít licenci Energetického regulačního úřadu (dále jen „ERU“). A to i v případě čerpání pouze zeleného bonusu. Protože jeho výše je velmi lákavá (ve spojení s ušetřením ceny za el. energii), byl pro tuto práci zvolen tento model. Kvůli zvýšené byrokracii při výkupu (fyzickému prodeji do sítě externímu dodavateli) uvažovaný model tuto energii zanedbává resp. nevyužívá (ztrácí). V této práci je tedy uvažován model s připojením do sítě (kvůli nedostatku vlastní energie) a nedodáváním el. energie do sítě.¹

2.3 Hybridní systémy

Jsou systémy, které ke zvýšení efektivnosti využívají další alternativní zdroje energie. Jsou to zejména kombinace s tepelným čerpadlem či spalováním biomasy. Pro danou oblast doporučuji publikace od Ligy ekologických alternativ² nebo publikace od jiných předních českých organizací v této oblasti. Tato oblast je velmi specifická a vyžaduje individuální přístup. Mnohdy kombinace dvou alternativních zdrojů energie totiž nemusí přinést očekávaný výsledek.

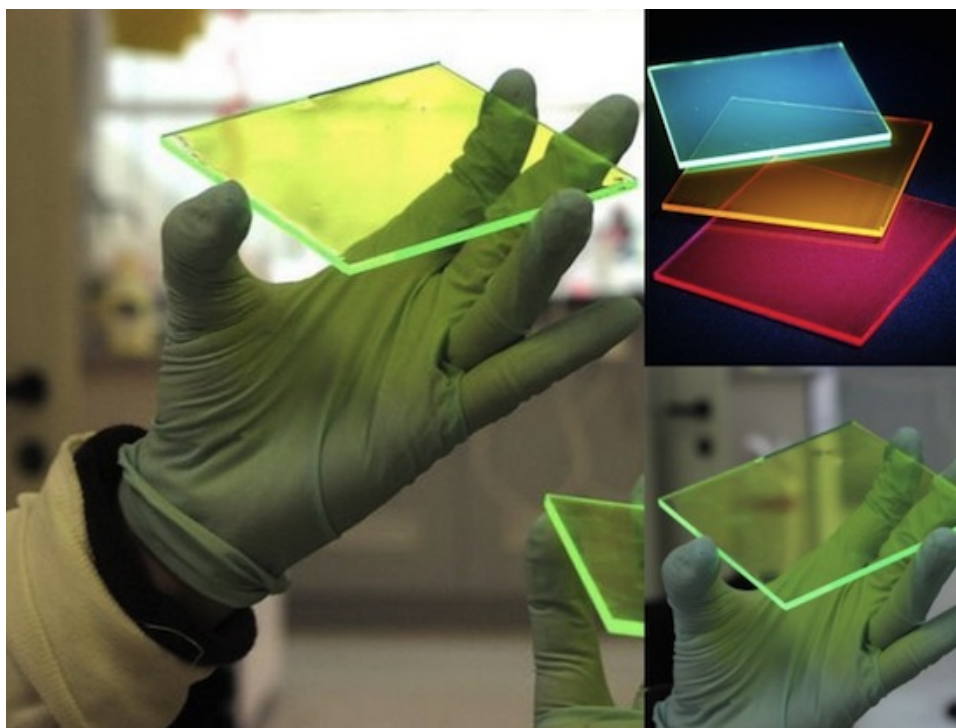
2.4 Experimentální metody

Tato kapitola se pokusí nastínit nejnovější a zajímavé kroky v současné technologii fotovoltaiky.

¹ Pro více informací doporučuji [8]: s 45-48

² URL – dostupné on-line: <http://www.lea.ecn.cz/>

Společnost GreenSun Energy (Jeruzalém, Izrael) v roce 2007 představila fotovoltaické panely nové generace. Využila přitom skutečnosti, že sklo obsahuje křemík a vyrobila první průhledný panel. Princip spíš připomíná výrobu tvrzeného skla. Na tenké plátky z křemíku se nanáší vrstva dalšího křemíku, tentokrát však obohaceného o některý z kovů. Díky tomu dokážou nežádoucí infračervené (tepelné) záření filtrovat a zachytit do postranních lemů panelu jen viditelné a ultrafialové světlo. Celkové náklady na získanou energii se mají pohybovat až neuvěřitelně nízko – 1 dolar za kW. Díky filtraci infračerveného světla, které obvykle snižuje účinnost panelů, může účinnost dosáhnout až 20%.¹



Obrázek 9 – Fotovoltaické články společnosti GreenSun (foto: www.greensun.biz)

Jiný směr zase nastínil Craig Grimes, když v roce 2006 publikoval v časopise Nano Letters Vol. 6 No. 2² článek o solárních článcích z titanových „nanotrubiček“, které vyvíjí jeho tým z Pennsylvania State University. Tým vědců pod jeho vedením objevil princip, při němž v titanovém článku světlo z vrstvy barviva pokrývajícího nanotrubičky „vypudí“ elektrony, které pak jsou zachyceny na vrstvě jódu. Tím vzniká na

¹ 22.9.2009: URL – dostupné on-line: www.ekobydleni.eu/tag/izrael

² URL – dostupné on-line: <http://pubs.acs.org/journal/nalefd>

výstupu elektrické napětí. Podle prvních testů panel může dosáhnout výrazně vyšší životnosti díky pomalé degradaci citlivé vrstvy. Účinnost v laboratorních podmínkách je (zatím) až 23%.¹

Prudký vývoj je znatelný i v dalších směrech. Nedávno byla zveřejněna studie, která se zabývala možnostmi monokrystalických tenkovrstvých článků z arsenidu galitého. I přesto vysokou absorpci záření a nižší citlivost na vyšší teploty než u křemíkových článků se jejich využití příliš nezdařilo. Zejména kvůli žalostnému nedostatku galia a jedovatosti arsenu.

Dalším zajímavým krokem je diselenid mědi a india, který se vyznačuje vysokou absorptivitou pro sluneční záření a malou tloušťkou. Laboratorní účinnost je až 18%. Tato metoda se dokonce dočkala i uvedení na trh.

Poslední a nejvíc zajímavou metodou je zařízení vědců z univerzity v Tel Avivu. Těm se podařilo v roce 2008 vyvinout zařízení reagující na záření využívající fotosyntézu (geneticky zkonstruované bílkoviny). Účinnost je garantována na úctyhodných 25%. Zajímavá je i výrobní cena – stokrát nižší než u běžných křemíkových panelů! Využívají pokovovaných bílkovin a tím získanou elektronickou vazbu na elektrodách.

V poslední době se začínají stále více vyvíjet metody založené na vodivých polymerech², fotogalvanických člancích³ s organickým barvivem⁴, vícepřechodových strukturách⁵ a nanotechnologiích⁶. Kvůli přílišné aktuálnosti těchto oblastí je asi rozumné se na ně dívat spíše jako na experimentální. Následující roky ukážou, které směry jsou opravdu správné a které byly jen slepou uličkou.

¹ [10] a [4]

² URL – dostupné on-line: www.carbolex.com

³ URL – dostupné on-line: www.solaronix.com

⁴ URL – dostupné on-line: www.sta.com.au

⁵ URL – dostupné on-line: www.fullspectrum-eu.org

⁶ URL – dostupné on-line:

www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/MSD-nanocrystal-solar-cells.html

3 PŘÍPADOVÁ STUDIE – FOTOVOLTAIKA PRO RODINNÝ DŮM

Pro uvažovaný model byl vybrán menší rodinný dům, který obývá 4 členná rodina. Jedná se o novostavbu, která byla postavena v roce 2007. Od tohoto roku je plně využívána.

3.1 Základní informace o objektu

Uvažovaný objekt pro tuto práci, se nachází v Libereckém kraji. Dům je svojí stavební charakteristikou chápán jako „pasivní“. Využívá ho 4 členná rodina, a to v průběhu celého roku. Dům má na jižní stranu svažitou střechu, na které jsou umístěny fotovoltaické panely. Střecha je pod úhlem 45° .¹ Veškerá získaná energie z panelů zůstává v objektu, teprve v případě jejího nedostatku začne odběr energie z distribuční sítě.

Instalace fotovoltaických panelů by měla pokrýt spotřebu elektrické energie pro tyto spotřebiče: myčka na nádobí, 2 TV, 2 PC, pračka, osvětlení v domě, elektrický sporák (včetně trouby), čerpadlo v plynovém kotli a další menší spotřebiče v domácnosti.

¹ URL: dostupné on-line:

www.solarhaus.cz/technika/kolik_energie_vyrobi_moje_budouci_fotovolticka_elektrarna.html

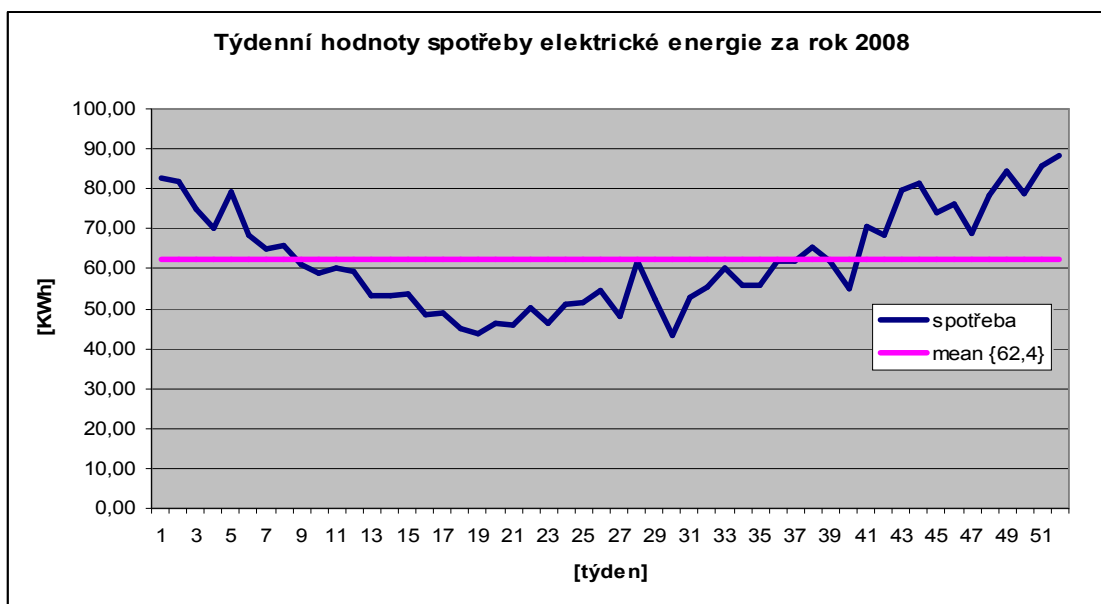


Obrázek 10 – Modelový dům, (foto: VT TULáci, 2010)

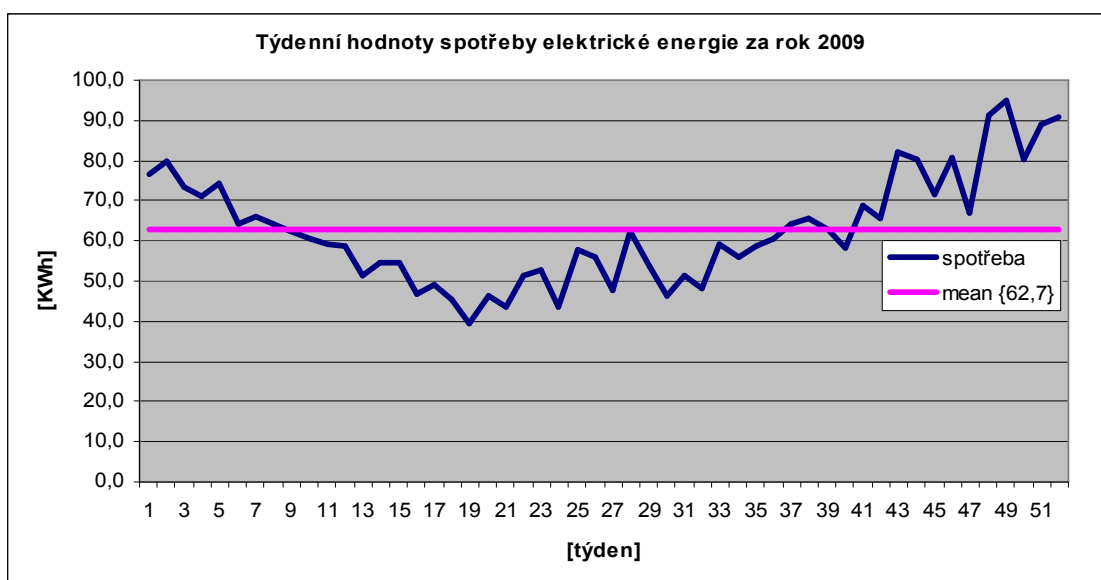
Objekt je vytápěn plynovým kotlem. Užitková voda je ohřívána v tomto kotli (vlastní bojler na 60 l). Průměrná spotřeba elektrické energie zahrnuje běžný provoz domácnosti. Na základě evidence z let 2008 a 2009 bylo zjištěno, že průměrná spotřeba elektrické energie (dále už jen „spotřeba“) tohoto objektu je 62,4 resp. 62,7 kWh za týden.¹

Na následujících grafech je znázorněna týdenní spotřeba daného objektu a průměrná spotřeba pro dané časové období (data byla získána z vlastní evidence).

¹ Konkrétní hodnoty jsou v souboru „Evidence týdenní spotřeby elektrické energie za rok 2008 a 2009.pdf“ na přiloženém CD



Graf 2 – týdenní hodnoty spotřeby elektrické energie modelového domu za rok 2008



Graf 3 – týdenní hodnoty spotřeby elektrické energie modelového domu za rok 2009

Z naměřených dat lze usoudit, že existuje spojitost mezi spotřebou energie a ročním obdobím. Tyto rozdíly jsou způsobeny zejména tím, že:

- a) v kratší den (v zimních měsících) se déle svítí,
- b) v zimních měsících člověk tráví více svého času doma než venku,
- c) je v provozu čerpadlo, které zajišťuje tlak v topných tělesech.

Nárůst spotřeby mezi 47. a 48. týdnem bych vysvětlil přípravou na Vánoce s větším objemem vaření, pečení a dalších aktivit s tím spojených.

Minimální spotřeba za rok 2009 byla naměřena v 19. týdnu (39,6 kWh), tj. začátkem června (délka dne je velmi dlouhá). Naopak maximální týdenní spotřeba nastala v 49. týdnu (95 kWh), tj. v prosinci (délka dne je velmi krátká).

Na základě dat byly spočítány následující údaje:

- Průměr spotřeby elektrické energie (za rok 2008 a 2009)
- Rozptyl spotřeby elektrické energie (za rok 2008 a 2009)
- Směrodatná odchylka¹

Domácnost za rok 2008 zaplatila za elektřinu částku **14 769,48 Kč**, za rok 2009 zaplatila **16 217,92 Kč**

Při výpočtu celkových nákladů bylo užito ceníku společnosti ČEZ.² Celkově bylo zaplacen 30 987,40 Kč. Výpočet viz kap. 3.3.

3.2 Technická charakteristika instalovaného systému

V praxi fotovoltaické systémy rozdělujeme do 2 skupin. První skupinou jsou otevřené systémy, druhou pak uzavřené (známé též jako GRID-OFF³). Otevřený systém dodává přebytečnou energii do distribuční sítě (více v kapitole 3.4). Druhý, GRID-OFF, pak veškerou získanou energii využívá pro vlastní potřebu. Každý z těchto systémů má své výhody i nevýhody⁴.

Kvůli častým výkyvům ve slunečním záření, které je závislé jak na ročním období, tak i na denní době, je nevýhodné uvažovat o instalaci fotovoltaických panelů, která by pokrývala veškerou spotřebu domácnosti.⁵

Aby se zajistil dostatek elektrické energie i v době, kdy slunce zrovna nesvítí, je na místě uvažovat o její akumulaci. Tím by se mohl zajistit její poměrný dostatek tak, aby po většinu času byla spotřeba uspokojována z vlastních (tedy nikoliv externích) zdrojů. Protože období, kdy probíhá přeměna sluneční energie na elektrickou, není

¹ Viz soubor „Evidence tydeni spotřeby elektrické energie za rok 2008 a 2009.pdf“ na příloženém CD

² URL: dostupné on-line: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie>

³ [12] a [7]: s 46

⁴ Viz kapitola 2.2.3

⁵ [7]: s 8

shodné s obdobím, kdy je ze strany domácnosti daná spotřeba prováděna, je nutné energii získanou ze slunečního záření uchovávat.¹ Takový systém výrazně zvyšuje efektivnost využití získané energie, nenárazovost (výkyvy v okamžitém získávání elektrické energie) a snižuje dobu návratnosti investice. Největší intenzita slunečního záření je okolo poledne (u pevných instalací; u pohyblivých je téměř konstantní od 7 hod do 19 hod v letních měsících)².

V situaci, kdy akumulátor nebude schopný dodávat do sítě domácnosti energii, ať už z důvodu jeho vybití či poruchy, domácnost automaticky přejde na elektrickou energii ze sítě od externího dodavatele. V tuto chvíli roste závislost na dodavateli, roste doba návratnosti investice a snižuje se celková efektivnost fotovoltaického systému.

Výroba elektřiny ze slunečního záření vyžaduje ještě další komponenty než jen fotovoltaické panely a případné koncentrátoři - natáčecí zařízení (není náš případ – nebudeme o nich dále uvažovat). Nejčastěji se pak hovoří o akumulátorech, měničích (inventorech; mění stejnosměrný proud na střídavý), transformátorech a pojistných zařízeních³.

Autonomní systémy (GRID-OFF) s akumulací jsou znatelně dražší než systémy se zapojením do sítě. Je to dáno zejména charakteristikou topologie sítě. V síti jsou navíc zařízení pro uchování získané energie – akumulátory. Cena takového systému je tedy navýšená cenou akumulátorů, která pak dosahuje i poloviny celkové ceny systému.⁴ Reálná životnost akumulátoru využívaného v takovém systému se počítá na období 5 až 10 let. Nejpoužívanější jsou dnes olověné akumulátory⁵.

¹ [7]: s 80; pro více informací [8]: s 40 až 42

² [7]: s 64

³ [8]: s 39 až 44

⁴ Více v kapitole 2.2.3

⁵ [7]: kapitola 12; [8]: s 40 až 42

3.3 Ekonomika a legislativa

3.3.1 Provozně-ekonomická charakteristika

Dle vyhlášky ERÚ 364/2007 Sb. je předpokládaná doba životnosti nové výroby 20 let.¹ Podle dat jednotlivých výrobců činí životnost fotovoltaických panelů i 30 let, ovšem za snížené účinnosti. Obecně platí, že panely jsou účinné nad 90% po dobu 12 let a s 80% svého původního výkonu do 25 let. Současné technologie dovolují takové panely používat i výrazně déle, ale jejich teoretický výkon se pak rychle snižuje.

Podle dat největšího výrobce (Kyocera - sídlo v Kyotu v Japonsku) životnost panelů klesá přibližně lineárně prvních 20 až 22 let (v závislosti na dosud vyrobené elektrické energii). Na zlomu 25. roku začíná být tento trend výraznější.

Obvyklá délka záruky poskytovaná výrobcí na fotovoltaické panely je 5 let. Životnost měničů (invertorů) napětí se pohybuje od 5 let do 20 let, podle výrobce. Životnost akumulátorů je do 10 let.

Rodinný dům platí za rezervovaný příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem 90 + 48 Kč / měsíc. Hodnota jističe je 3x25 A. Využívá Tarif Standart D02d.

Vzorec pro výpočet celkové roční platby za elektřinu:

$$\text{Roční platba celkem} = a \cdot (b + c + d + e + f) + 12 \cdot (g + h),$$

kde:

a = roční spotřeba [MWh]

b = vysoký tarif [Kč]

c = systémové služby [Kč]

d = podpora výkupu elektřiny [Kč]

e = činnost zúčtování OTE [Kč]

f = cena silové elektřiny [Kč]

¹ Dříve i Příloha č. 3 k vyhlášce č. 475/2005 Sb., v současnosti Zákon č. 409/2009 Sb., ve znění vyhlášky č. 364/2007 Sb.

g = měsíční plat za rezervovaný příkon jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem [Kč]

h = pevná měsíční platba silové elektřiny [Kč]

Výpočet zaplacené částky za elektrickou energii modelového domu za roky 2008 a 2009:

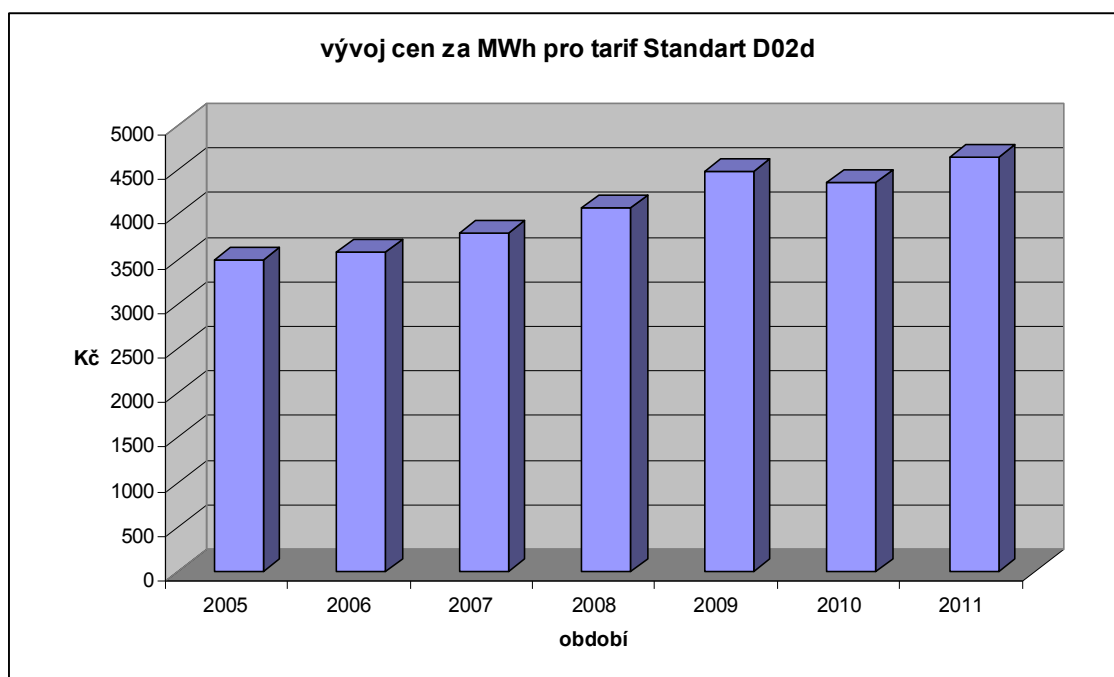
$$\text{Roční platba celkem}_{2008} = 3,245 [MWh] \cdot (4218,9 [Kč]) + 12 \cdot (90 [Kč] + 48 [Kč])$$

$$\text{Roční platba celkem}_{2008} = 14\,769,48 \text{ Kč}$$

$$\text{Roční platba celkem}_{2009} = 3,26 [MWh] \cdot (4642,96 [Kč]) + 12 \cdot (90 [Kč] + 48 [Kč])$$

$$\text{Roční platba celkem}_{2009} = 16\,217,92 \text{ Kč}$$

Vzhledem k častému navyšování (zdražování) cen elektřiny, je pravděpodobné, že se cena při uvažované (průměrné) spotřebě 62 kWh / týden resp. 3,3 MWh / rok bude pohybovat ve výhledu několika příštích let směrem nahoru.



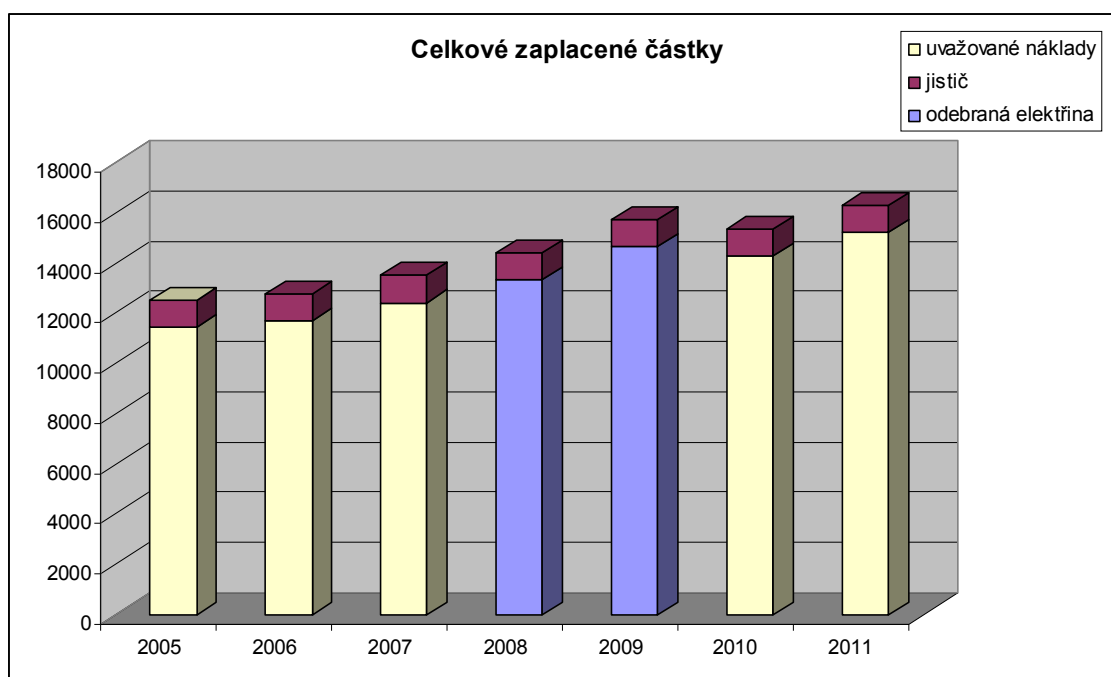
Graf 4 – vývoj cen za MWh pro tarif Standart D02d

Domácnost za dodanou elektrickou energii zaplatila za sledované roky 13690 Kč (2008) a 15138 Kč (2009). I když celková spotřeba elektrické energie byla v letech 2008 a 2009 srovnatelná (3,245 MWh a 3,26 MWh), zaplacená částka za dodanou

energii se liší o 9%. To odpovídá i celkovému zdražení elektrické energie mezi roky 2008 a 2009 (4075,69 Kč / MWh a 4482,02 Kč / MWh).

Při uvažované průměrné spotřebě 63 kWh / týden v roce 2010 by částka za elektrickou energii činila 14263,4 Kč + za jistič 1080 Kč, celkově tedy 15343,4 Kč.

Pro rok 2011 byla stanovena cena 4645,31 Kč / MWh. Zvýšení ceny činí 9,4%. Při uvažované průměrné spotřebě 63 kWh / týden by domácnost zaplatila 15218 Kč (za dodanou elektrickou energii) plus jistič 1080 Kč, celkově tedy 16298 Kč.



Graf 5 – Vývoj uvažovaných a zaplacených cen za odběr elektrické energie v období 2005 až 2011

Při uvažované životnosti navrhovaného fotovoltaického systému (20 let u fotovoltaického panelu a ostatních komponent, a 2 * 10 let u akumulátoru) je potřeba brát v potaz skutečnost, že návratnost investice do daného systému se může pohybovat na okraji životnosti navrhovaného systému, či až za ní.

Účinnost fotovoltaického panelu klesá v prvních 20 letech přibližně lineárně, a to o 0,8% za rok. Většina výrobců garantuje účinnost 80% po 20 až 25 letech provozu.¹ V delším časovém horizontu účinnost klesá rychleji a je pro tento model nepodstatná. Proto je důležité brát v potaz pokles výkonu (účinnosti) systému jako celku. Jeho

¹Příloha č. 3 k vyhlášce č. 475/2005 Sb.: „je předpokládán pokles výkonu panelů o 0,8% jmenovitého výkonu ročně.“

maximální roční výkon bude klesat v závislosti na účinnosti fotovoltaického panelu a počtu cyklů akumulátoru.

3.3.2 Legislativa

Provoz sluneční elektrárny (bez ohledu na způsob využití vyrobené el. energie – prodej / vlastní spotřeba) je podnikáním podle zvláštního předpisu (zákon č. 91/2005 Sb.) a na tuto činnost je nutné mít licenci ERU. Tato licence je vlastně obdobou živnostenského oprávnění (listu), která umožňuje podnikání (provozování činnosti) v daném oboru.

Dodávky el. energie do distribuční sítě pak mohou probíhat ve dvou základní režimech (viz kapitola 2.2.3), v režimu výkupní ceny nebo v režimu zeleného bonusu.

Dle § 4 odstavce 1 písmene e) Zákona o dani z příjmu (zákon č. 586/1992 Sb.) jsou sluneční elektrárny osvobozeny od daně z příjmu, a to pro období, kdy byla elektrárna poprvé uvedena do provozu (v našem případě: 1.1.2008) a v pěti letech bezprostředně následujících. Pokud by poplatník měl pouze příjmy z provozu sluneční elektrárny nebo například kombinaci závislé činnosti (zaměstnání) a příjmů z provozu elektrárny, nemusí v případě uplatnění osvobození po tuto dobu podávat daňové přiznání.

Po skončení osvobození nastává povinnost podat daňové přiznání v případě, že roční příjmy (nikoliv tedy „zisk“) z daného provozu dosáhly za dané zdaňovací období částky větší než 6 000 Kč. Pro tyto účely slouží zvláštní příloha v daňovém přiznání.

Doba odepisování je 5 let. Protože se jedná o systém, jehož cena převyšuje částku 40 000 Kč, jedná se o dlouhodobý hmotný majetek. Odpisy jsou buď rovnoměrné nebo zrychlené. Stanovená doba odepisování je pouze minimální a lze ji, v případě splnění dalších podmínek, stanovit na dobu delší.

Daňové přiznání není nutné podávat v průběhu trvání zákonného osvobození od daně z příjmu v případě, že poplatník nemá jiné příjmy z podnikání (například jako OSVČ). Po uplynutí doby osvobození se jedná o příjmy z podnikání (§7) a tyto příjmy jsou předmětem daně z příjmu. Z toho plyne povinnost každý rok ve stanovené lhůtě

podat daňové přiznání¹ a zaplatit vypočtenou daň, dále podat přehled příjmů Okresní správě sociálního zabezpečení² a na svoji zdravotní pojišťovnu.³

Vzory smluv jsou na přiloženém CD („dotazník pro vlastní výrobu.pdf“ a „Zadost o připojení výroby elektriny k distribuční soustavě.pdf“)

3.4 Nákladový model

3.4.1 Pořizovací náklady uvažovaného systému

Pro uvažovaný model byl vybrán solární systém o výkonu 3,15 kWp, který obsahuje 14 fotovoltaických panelů od společnosti SOLARWATT (M220 60 GET AK – 225 Wp)⁴, střídač (invertor) FRONIUS (IG PLUS 35)⁵, rozvaděč RD1, kabeláž, 2 Gelové akumulátory FG (12V/230Ah)⁶. Cena systému (i s DPH) je 512 529,50 Kč. Teoretická životnost akumulátoru je 12 let, pro efektivní užití v této práci bude uvažovaná životnost 10 let. Po 10 letech budou dokoupeny další dva akumulátory (uvažuje se současná cena). Dále nejsou uvažovány žádné další pořizovací (investiční) náklady (stavební úpravy, projekt, administrativa aj.).

3.4.2 Provozní náklady uvažovaného systému

Podle výsledků projektu vědy a výzkumu VaV SN-320-13-03 (řešitel: Solartec s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm) „Vliv znečištění fotovoltaiky na výkon“ jsou rozdíly mezi čištěnými a nečištěnými fotovoltaickými panely na úrovni 1,4% se směrodatnou odchylkou 2,7%.⁷ Provozní náklady na čištění lze tedy zanedbat.

¹ Termín podání daňového přiznání připadá na 31.3; v případě využití služeb daňového poradce na poslední červnový den (v případě víkendu na 1.7 resp. 2.7)

² Termín podání na OSSZ je měsíc po termínu podání daňového přiznání

³ V případě, kdy poplatník je v daném období pojištěncem více zdravotních pojišťoven (např. při cvičení aktivních záloh), musí podat přehled příjmů obou pojišťovnám (své a vojenské)

⁴ Bližší specifikace je přiložena na CD

⁵ Bližší specifikace je přiložena na CD

⁶ Bližší specifikace je přiložena na CD

⁷ URL: dostupné on-line: http://www.solartec.cz/files/docs/vliv-znecesteni_vysledky-projektu_cs.pdf

3.5 Model výnosů

3.5.1 Výkon systému

$$\text{Roční energetický zisk}_{2008} = a^2 \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f$$

kde:

a – rozměr článku (0,156 m)

b – počet článků na 1 panelu (60 ks)

c – počet panelů (14 ks)

d – roční hodnota záření (1205,7 kWh/m²)

e – konstanta poměru kWh/kW_{peak} (0,75)

f – účinnost panelu (0,17)

$$\text{Roční energetický zisk}_{2008} = 0,156^2 \cdot 60 \cdot 14 \cdot 1205,7 \cdot 0,75 \cdot 0,17$$

$$\text{Roční energetický zisk}_{2008} = \underline{3142,5 \text{ kWh}}$$

Počáteční výkon systému je přibližně 3150 kWh/rok. Ten je každý rok snižován vlivem amortizace o 0,8%. Pro ekonomický model je pak důležitý Index průmyslových cen (PPI), který se každoročně pohybuje v rozmezí 2 až 4 %¹. O tento PPI je zvyšován zelený bonus. První rok provozu je systém schopný akumulovat 2350 kWh. Systém je tedy vytížen na 75%.

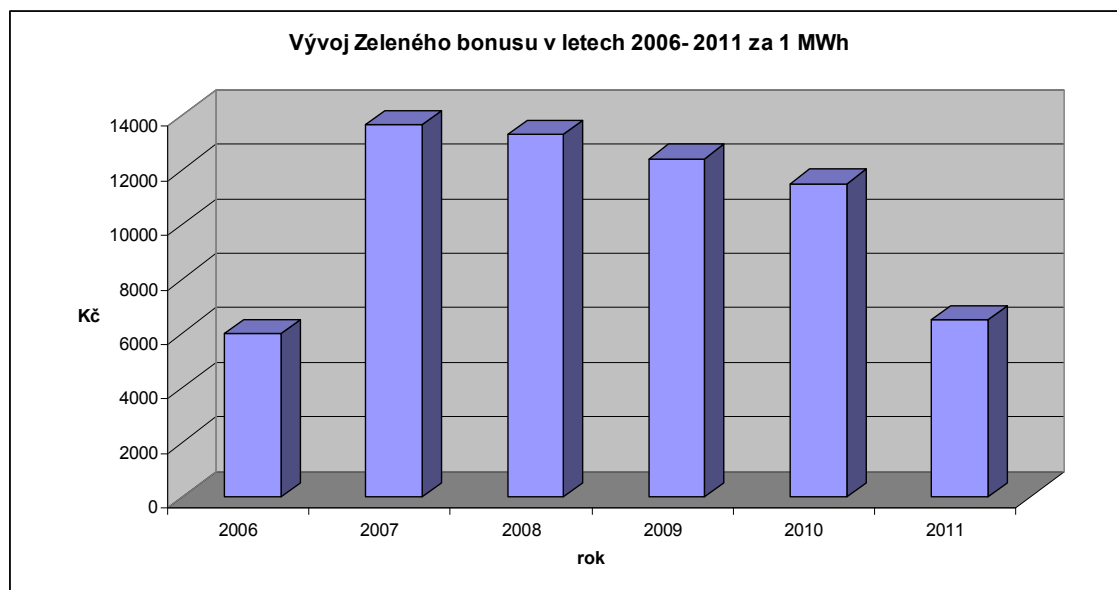
Měsíční hodnoty energie slunečního záření byly získány z webových stránek *chmi.cz*. Viz příloha „Softwarový nástroj.xls“ list 2: „Rok 2008 – po měsících“.

3.5.2 Provozní zisk systému

Jak již bylo uvedeno v kap. 3.3, účinnost fotovoltaického panelu klesá přibližně lineárně prvních 20 až 25 let až na 80% původního (počátečního) výkonu. Zisk instalovaného systému je dán hodnotou zeleného bonusu. Za příjem považujeme množství „ušetřené“ elektrické energie (která by jinak byla odebrána od externího dodavatele). Hodnota zeleného bonusu je závislá na datu instalace systému a na výkonu

¹ URL: dostupné on-line: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=860

systemu. Je garantována po dobu životnosti systému a zvyšuje se s ohledem na index cen průmyslových výrobců (minimálně o 2% a maximálně o 4% ročně).¹



Graf 6 – Vývoj Zeleného bonusu v letech 2006 – 2011 za 1 MWh²

Výše (proplaceného) zeleného bonusu, tedy úhrnné získané částky, se vypočítávají na základě měsíčních výkazů (Měsíční výkaz o výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů), dat od Českého hydrometeorologického ústavu³ (slouží spíše pro kontrolu), dobou provozu fotovoltaického systému a hodnotou Zeleného bonusu.

Na základě konzultace s Mgr. Karlem Merhautem (LEA ECN) byl stanoven koeficient průměrného využití akumulátorů na 1,5 násobek jejich kapacity na den v období, kdy je možné vyrobit (v průměru) více než 8,2 kWh za den, v ostatních případech na hodnotu potenciální energie. To znamená, že 8,2 kWh bude denně odebráno z akumulátorů ve dnech, kdy je možné ze slunečního záření získat více než 8,2 kWh (tj. konec března až polovina září) a v druhém období (polovina září až konec března) bude odebrána (do akumulátorů) pouze hodnota odpovídající (průměrné) energii slunečního záření pro dané období. V případě, kdy energie slunečního záření nedokáže plně dobít akumulátory, nebudou napájeny od externího dodavatele.

¹URL: dostupné on-line: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=860

² URL: dostupné on-line: http://www.eru.cz/user_data/files/cenova_rozhodnuti/CR_elektro/2_2010_OZE-KVET-DZ_final.pdf

³ Primárně se vychází z celkové délky (počtu hodin) slunečního záření v daném období (roce)

K zelenému bonusu je nutné připočítat (do příjmu) i cenu neodebrané elektrické energie. Protože vlastně tím energii neodebereme od externího dodavatele, ale sami si ji vyrobíme, ušetřenou cenu lze považovat za příjem.

3.6 Model Cash flow

Cash flow definujeme jako sledování skutečných peněžních toků hotovosti ve firmě či projektu. Jedná se vlastně o součet kladných příjmů a záporných výdajů, přičemž za příjmy považujeme pouze takové toky, které fyzicky byly zaplacený (nikoliv vyfakturovány).

Příklady peněžních příjmů¹:

- Prodej za hotové
- Inkaso pohledávek
- Půjčky, úvěry
- Vklady majitelů v hotovosti
- Prodej majetku aj.

Příklady peněžních výdajů:

- Platby za faktury
- Výplaty mezd a platů
- Sociální výdaje
- Nákup strojů
- Odvody daní
- Splátky půjček a úvěrů
- Výplata dividend aj.

¹ [3]: s 332

V našem případě je pro přehlednost vhodnější model (graf) kumulovaných příjmů (viz Příloha - obrázek 7: Softwarový nástroj – List 3) či tabulku příjmů (viz Příloha - obrázek 5: Softwarový nástroj – List 3 (část druhá)).

3.7 SWOT analýza

SWOT (Strengths and Weaknesses of an Organization and the Opportunities and Threats facing) je zkratka pro metodu analýzy slabých a silných míst firmy či projektu.

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká spolehlivost systému • Relativní stálost slunečního záření • Garance zeleného bonusu • El. energie bude vždy • Využití nových technologií 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoký vstupní kapitál • Návratnost v delším horizontu • Efektivnost • Náročnost projektu • Co bude za 20 let? • Nelze přibližně odhadnout, kolik bude stát kWh v průběhu trvání projektu
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • Možnost získání dotací (obec, EU aj.) • Nevyčerpatelnost slunečního záření • Možnost osvobození od daně 	<ul style="list-style-type: none"> • Dodatečné legislativní úpravy • Nesprávná instalace • Přírodní pohromy

Tabulka 1 SWOT analýza

4 NÁVRH SOFTWAREVÉHO NÁSTROJE

4.1 Grafické rozhraní

Pro základní přehlednost bylo zvoleno prostředí v MS Excel. Softwarový nástroj je členěn na 4 části (listy). Jejich bližší výčet a popis je uveden v kapitole PŘÍLOHY.

4.2 Analýza citlivosti

V praxi se vyskytuje řada nepříznivých vlivů, které lze jen omezeně podchytit. Tyto vlivy mohou mít fatální důsledky na fungování systému. Jedná se zejména o nefunkčnost systému (možnost reklamace v rámci záruční doby nebo servis opravu), v horším případě v důsledku přírodní pohromy (kroupy, požár, pád stromu).

Z ekonomického hlediska může být model v jednotlivých letech ovlivněn nestálostí počtu sluneční dní (hodin) pro dané místo. Díky dlouhodobému měření ale lze říct, že při dlouhodobém užívání systému lze rozptýl počtu slunečních dní (hodin) zanedbat a vycházet pouze ze střední hodnoty. Systém je umístěn v lokalitě s průměrným ročním energetickým ziskem $1205,7 \text{ kWh/m}^2$.

Ekonomický model neuvažuje výdaje za pojištění, které by pokrylo následky eventuálních přírodních pohrom.

Softwarový nástroj počítá s 3% růstem PPI, který je označen jako modální. (viz Příloha - obrázek 8: Softwarový nástroj – List 3)

5 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

Výsledky uvažovaného modelu jsou mj. uvedeny v softwarovém nástroji. Celková výše zeleného bonusu za 20 let provozu (při PPI=3%) je 792 664 Kč, hodnota dokoupené energie je 141 429 Kč, výše ušetřené energie je 208 491 Kč. Vnitřní výnosové procento činí 5,89% a čistá současná hodnota po 20 letech je 353 814 Kč. Návratnost se pohybuje okolo 12 let provozu.

Celkové příjmy jsou 1 001 155 Kč. Balance pak 424 425 Kč. Účinnost systému v prvním roce provozu je téměř 75%, v posledním pak 63%.

6 ZÁVĚR

Úkolem práce byl popis běžně užívaných technologií pro získávání energie ze slunečního záření.

Jako předmět zkoumání byl vybrán modelový dům v Libereckém kraji, ve kterém bydlí čtyř členná rodina. Rodinný dům je téměř nový, jedná se o novostavbu. Byla známa týdenní spotřeba elektrické energie domácnosti na základě dvouleté evidence.

Dále byl úkolem návrh softwarového nástroje fotovoltaického systému pro výrobu (akumulaci) elektrické energie na modelovém domě a zpracování ekonomické analýzy instalovaného systému.

Stěžejním bodem práce byl ekonomický model daného systému, který byl zpracován v prostředí MS Excel.

Z výsledků ekonomické analýzy vyplynulo, že navržené řešení instalace, jako hlavního zdroje el. energie domácnosti, přinese ekonomický užitek ještě před skončením nejen předpokládané doby životnosti instalované technologie, ale i před skončením „fixace“ zeleného bonusu. Tento závěr by byl ještě příznivější v případě, že by domácnost získala dotace (od místní samosprávy, kraje, státu či EU). Otázkou však zůstává, jestli velká počáteční finanční zátěž není příliš velkou překážkou pro rozhodnutí instalovat podobný systém.

Navržený softwarový nástroj není vhodný pro některé další typy systémů, ale pouze pro topologicky stejné.

Práce nezasahuje svým ekonomickým zaměřením do celé oblasti fotovoltaiky, zejména pak komerční výroby el. energie.

Možnost rozšíření této práce spatřuji v návrhu softwarového nástroje pro ekonomický model komerční velkovýroby el. energie, spolehlivosti a stálosti slunečního záření, rozšíření možností (variability) topologie sítě systému, ekologických důsledcích (přímých – více fotovoltaiky = méně (např.) tepelné (uhelné) energie; nepřímých – co se systémem po skončení jeho životnosti aj.) a jiné, zejména experimentální činnosti v této oblasti.

POUŽITÁ LITERATURA

Kromě pod čarou použitých odkazů na literaturu bylo čerpáno i z těchto publikací:

- [1] Relevantní odborné publikace (MPO ČR, CZEPHO, Czech RE Agency apd.)

- [2] Řehák, J. a kol.: Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování, (on-line) ČEA, 1998. Přístup z Internetu z URL: www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/848

- [3] Miroslav Synek a kol.: Manažerská ekonomika, Grada Publishing a.s., 2003, ISBN 80 - 247-0515-X

- [4] Karel Merhaut a Jiří Dvořák: Solární liga ČR: ve světle trendů EU, CD, LEA, Praha 2006

- [5] Fotovoltaika: mýty a argumenty, Příloha k časopisům Bydlení, Realit, Projekt (únor 2010), Ing. Karel Merhaut, LEA v rámci zpravodaje Solárko 2/2009

- [6] Jan Truxa a Karel Murtinger: Solární energie pro váš dům, ERA, 2006, ISBN: 80-7366-076-8

- [7] Libra, M., Poulek, V., Solární energie, fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti, kniha-monografie, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, ISBN 80-213-1488-5 (2. doplněné vydání)

- [8] Karel Murtinger, Jiří Beranovský a Milan Tomeš: Fotovoltaika: elektřina ze slunce, ERA, 2007, ISBN: 978-80-7366-100-7

[9] Časopis ALTERNATIVNÍ ENERGIE, Vydavatel: České ekologické manažerské centrum, Praha

[10] Časopis SOLÁRKO, Vydavatel: Liga Ekologických alternativ (LEA), Praha

[11] Ing. Karel Srdečný a kol.: Infolisty - obnovitelné zdroje energie (on-line), ČEA a EkoWATT, 2007. Přístup z Internetu z URL: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2210>

[12] Obnovitelné zdroje energie, Hospodářská komora ČR, příloha časopisu Komora.cz; říjen 2006

[13] Fotovoltaické články v architektuře, Disertační práce, Ing. arch. Jitka Bidlová, Vysoké učení technické v Brně 2009

[14] Peter Würfel, Physics of Solar Cells; druhé, upravené a rozšířené vydání; Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2005; ISBN: 978-3-527-40857-3

[15] Markvart T. and Castaner L., Solar Cells – Materials, Manufacture and Operation, Elsevier, 2005, ISBN: 1856174573

[16] URL: dostupné on-line :<http://www.1solarnick.cz/>

[17] URL: dostupné on-line: <http://www.solarhaus.cz>

PŘÍLOHY

Přílohy obsahují soupis použitých vzorců popis Softwarového nástroje (v MS Excel) pro výpočty v této práci. Softwarový nástroj má 4 listy (záložky). Jsou to:

- Základní charakteristika
- Rok 2008 – po měsících
- Energie v letech 2008 – 2027
- Ekonomika systému

FVE 3,15 kWp				
Pořizovací náklady - počáteční investice				
V S T U P Y	Panel	počet kusů	14	ks
		Výkon	225	Wp/Ks
		Počáteční účinnost	17	%
		Roční energetický zisk	3150	kWh
	Invertor	počet kusů	1	
		Maximální efektivita	96,1	%
		Síťové napětí	230	V
		Jmenovitý výkon	3500	W
	Akumulátor	počet kusů	2	ks
		Životnost	12	let
		Napětí	12	V
		Kapacita	230	Ah
	Celková cena za systém		545 129,50	Kč (s DPH)
C E N Y	Zelený bonus		13300	Kč
	Uvažovaná cena el. energie		4,8	Kč
	Průměrná spotřeba el. energie		3300	kWh
	Cena za jistič		1656	Kč

Příloha - obrázek 1: Softwarový nástroj – List 1

Počet kusů – představuje počet fotovoltaických panelů, které v součtu mají cca 20,4 m² plochy.

Výkon – představuje špičkový [Wp] (watt peak) u jednoho panelu.

Počáteční účinnost – v praxi se u nově instalovaných fotovoltaických panelů pohybuje okolo 15 až 21%.

Roční energetický zisk – představuje získanou energii za 1 rok v místě s průměrnou hodnotou záření v ČR. Ta se u nás pohybuje v rozmezí 1100 až 1250 kWh/m². V ČR je tato hodnota přibližně 1209 kWh/m². V uvažovaném modelu odpovídá hodnotě 1205,7 kWh/m².

U invertoru je podstatný jmenovitý výkon a efektivita. Sítové napětí se odvíjí od běžného standartu používaného v dané oblasti (v ČR 230 V). V uvažovaném modelu je počítáno s efektivitou 96,1%.

Akumulátory jsou v systému dva. Životnost akumulátorů je sice teoreticky 12 let, v praxi uvažujeme s 10-letou životností.

Cena za systém je celkem 545 129,50 Kč (i s DPH). Jedná se o prvotní investici. V průběhu fungování systému do celkových nákladů vstupuje po 10 letech nákup nových akumulátorů, tato skutečnost se projevuje až v dalších částech softwarového nástroje.

Druhou částí prvního listu jsou „Ceny“. Zde je uvedena hodnota zeleného bonusu (částky vyplacené za výrobu a následnou vlastní spotřebu elektrické energie). Dalším parametrem je „Uvažovaná cena el. energie“, která slouží jako odhad průměrné ceny elektrické energie v následujících 20 letech. Je, soudě podle vývoje ceny elektrické energie v posledních letech, velmi obtížné matematicko-ekonomickými metodami tuto cenu „věštit“ (stanovit funkčním předpisem).

„Průměrná spotřeba el. energie“ vyjadřuje mírně pesimistický odhad průměrné roční spotřeby v období 20 let na základě evidence spotřeby el. energie v letech 2008 a 2009.

Cena za jistič představuje fixní náklady (12 x (90+48)). Viz kap. 3.3

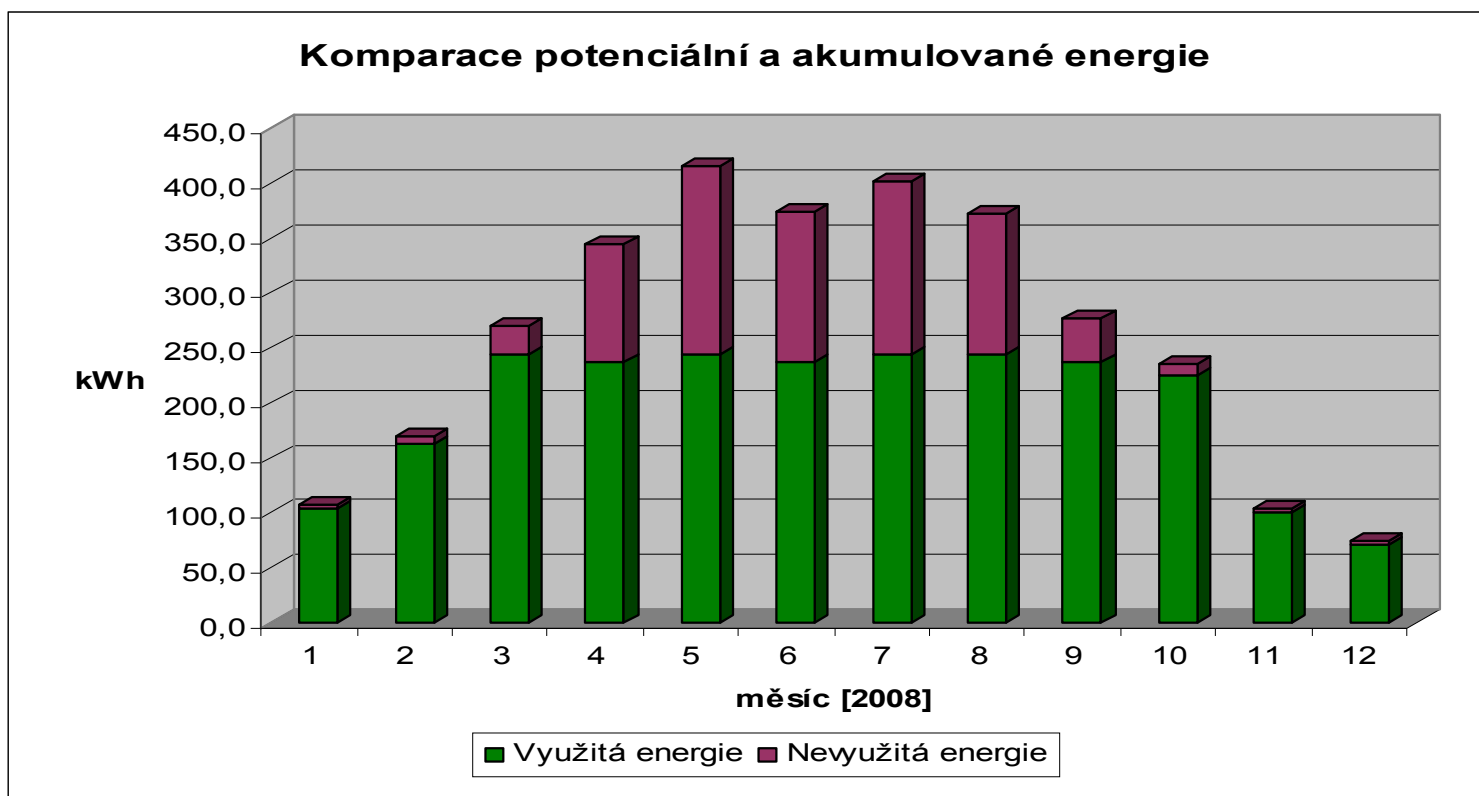
potenciální energie v roce	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2027				Akumulovaná energie	Přebytek a ztráta	
leden	107,5	106,6	105,8	104,9	104,1	98,9	91,2			2008	leden	103,3	4,2
únor	170,0	168,6	167,3	165,9	164,6	156,4	144,2				únor	163,4	6,6
březen	269,8	267,6	265,5	263,3	261,2	248,2	228,8				březen	244,3	25,5
duben	344,7	341,9	339,2	336,4	333,7	317,1	292,3				duben	236,4	108,3
květen	414,7	411,4	408,1	404,7	401,4	381,5	351,7				květen	244,3	170,4
červen	373,0	370,0	367,0	364,0	361,1	343,2	316,3				červen	236,4	136,6
červenec	400,8	397,6	394,4	391,2	388,0	368,7	339,9				červenec	244,3	156,5
srpen	372,1	369,1	366,1	363,2	360,2	342,3	315,5				srpen	244,3	127,8
září	276,4	274,2	272,0	269,8	267,6	254,3	234,4				září	236,4	40,0
říjen	234,7	232,8	230,9	229,1	227,2	215,9	199,0				říjen	225,5	9,2
listopad	104,4	103,6	102,7	101,9	101,1	96,0	88,5				listopad	100,3	4,1
prosinec	74,4	73,8	73,2	72,6	72,0	68,4	63,1				prosinec	71,5	2,9
	3142,50	3117,36	3092,22	3067,08	3041,94	2891,10	2664,84 kWh					2350,41	792,09 kWh

Příloha - obrázek 2: Softwarový nástroj – List 2

Na druhém listu softwarového nástroje je tabulka měsíčních hodnot (potenciální energie), která odpovídá ročnímu průběhu slunečního záření. Ve sloupci „2008“ je při účinnosti FVP (17%) a nulovém poklesu počátečního výkonu uvedeno množství elektrické energie, kterou bude možné v průměru získat ze slunečního záření. Tak i v dalších sloupcích, s tím, že pro přehlednost jsou uvedeny jen podstatná období (prvních 5 let provozu, 10. a poslední rok provozu). Pod každým sloupcem následuje součet možné získané energie (stále bez úvahy akumulace). Těmito výpočty je demonstrován pokles roční účinnosti o 0,8% za rok. Na začátku 20 roku (2027) činí pokles výkonu 15,2%.

V pravé části druhé listu je uveden první rok provozu při uvažované akumulaci získané elektrické energie v měsíčních hodnotách. Ve sloupci „Přebytek a ztráta“ je uvedeno množství energie, které je „ztraceno“ buď nabitými akumulátory nebo účinností invertoru. Přebytek je rozdíl mezi potenciální a akumulovanou energií (jedná se tedy o stav, kdy svítí slunce, ale už není KAM akumulovat). Ztráty jsou způsobeny invertorem. Součty obou sloupců musí dát součet v levém sloupci za rok 2008. Tedy 3142,5 kWh.

Hodnoty jsou přepočítávány i podle délky měsíce (28, 30 nebo 31 dní).



Příloha - obrázek 3: Softwarový nástroj – List 2

Graf obsahuje hodnoty využitě a nevyužitě (ztracené) energie v prvním roce. Tento graf slouží zejména k posouzení účinnosti, která je v roce 2008 rovna hodnotě 74,8%.

Akumulovaná energie																					SUMA
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	rok
kWh	2350,41	2331,81	2312,81	2294,00	2275,20	2256,40	2237,59	2218,79	2199,99	2181,18	2162,38	2143,58	2124,77	2105,97	2087,17	2068,38	2049,58	2030,78	2011,95	1993,15	kWh
																					43435,65 kWh
Dokoupená energie																					
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	rok
3300 kWh	949,59	968,39	987,19	1006,00	1024,80	1043,60	1062,41	1081,21	1100,01	1118,82	1137,62	1156,42	1175,23	1194,03	1212,83	1231,64	1250,44	1269,24	1288,05	1306,85	kWh
4,8 Kč	6214,01	6304,27	6394,53	6484,78	6575,04	6665,29	6755,55	6845,80	6936,06	7026,32	7116,57	7206,83	7297,08	7387,34	7477,60	7567,85	7658,11	7748,36	7838,62	7928,88	Kč
																					22564,35 kWh
																					141428,89 Kč
Zelený bonus																					
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	rok
13300 Kč/MWh [2%]	13568	13837,32	14114,068	14396,348	14684,275	14977,96	15277,519	15583,07	15894,731	16212,628	16538,878	16887,618	17204,988	17549,068	17900,05	18258,05	18623,21	18995,68	19375,589	19763,1	Kč/MWh [2%]
Kč/MWh [3%]	13699	14109,97	14533,269	14969,267	15418,345	15880,896	16357,322	16846,042	17353,483	17874,088	18410,31	18962,62	19531,498	20117,443	20720,97	21342,6	21982,87	22642,36	23321,831	24021,279	Kč/MWh [3%]
Kč/MWh [4%]	13832	14385,28	14960,691	15559,119	16181,484	16828,743	17501,893	18201,968	18930,047	19687,249	20474,739	21293,729	22145,478	23031,297	23952,55	24910,85	25907,08	26943,38	28021,094	29141,938	Kč/MWh [4%]
Kč	31280,50	31010,42	30760,34	30510,25	30280,17	30010,08	29780,00	29509,92	29259,83	29009,75	28759,66	28509,58	28259,50	28009,41	27759,33	27509,24	27259,16	27009,08	26758,99	26508,91	Kč
2%	31885,71	32283,24	32643,11	33025,28	33409,67	33796,23	34184,88	34575,57	34968,21	35362,72	35759,03	36157,04	36556,67	36957,82	37360,40	37764,30	38169,40	38575,61	38982,80	39390,84	Kč/rok
3%	32198,32	32898,95	33612,65	34339,56	35079,83	35833,61	36601,05	37382,28	38177,44	38986,67	39810,10	40647,84	41500,02	42366,75	43248,13	44144,28	45055,24	45981,14	46922,05	47878,03	Kč/rok
4%	32510,92	33540,87	34601,19	35692,68	36816,12	37972,33	39162,13	40386,36	41645,86	42941,51	44274,18	45644,75	47054,14	48503,24	49992,96	51524,30	53098,13	54715,43	56377,16	58084,28	Kč/rok
																					792663,92 Kč
																					884538,96 Kč

Příloha - obrázek 4: Softwarový nástroj – List 3 (část první)

Třetí list Softwarového nástroje obsahuje zejména ekonomické výpočty a bilance, a z nich vycházející grafy.

Akumulovaná energie zde prezentuje (v letech) množství energie, které lze za uvedený rok využít ke vlastní potřebě z akumulátorů. Tabulka úhrnně navazuje na List 2 (pravou část) – akumulovaná energie. Hodnoty zde (kvůli přehlednosti) nejsou uvedeny v měsíčních intervalech (240 hodnot).

Dokoupenou energii rozumíme množství energie, které je nutné (ročně) dokoupit od externího dodavatele. Je uvažována hodnota roční průměrné spotřeby (List 1), o řádek níž se nachází přepočet na cenu (v potaz je brána „cena za jistič“ (List 4) a „uvažovaná cena za el. energii (List 1)).

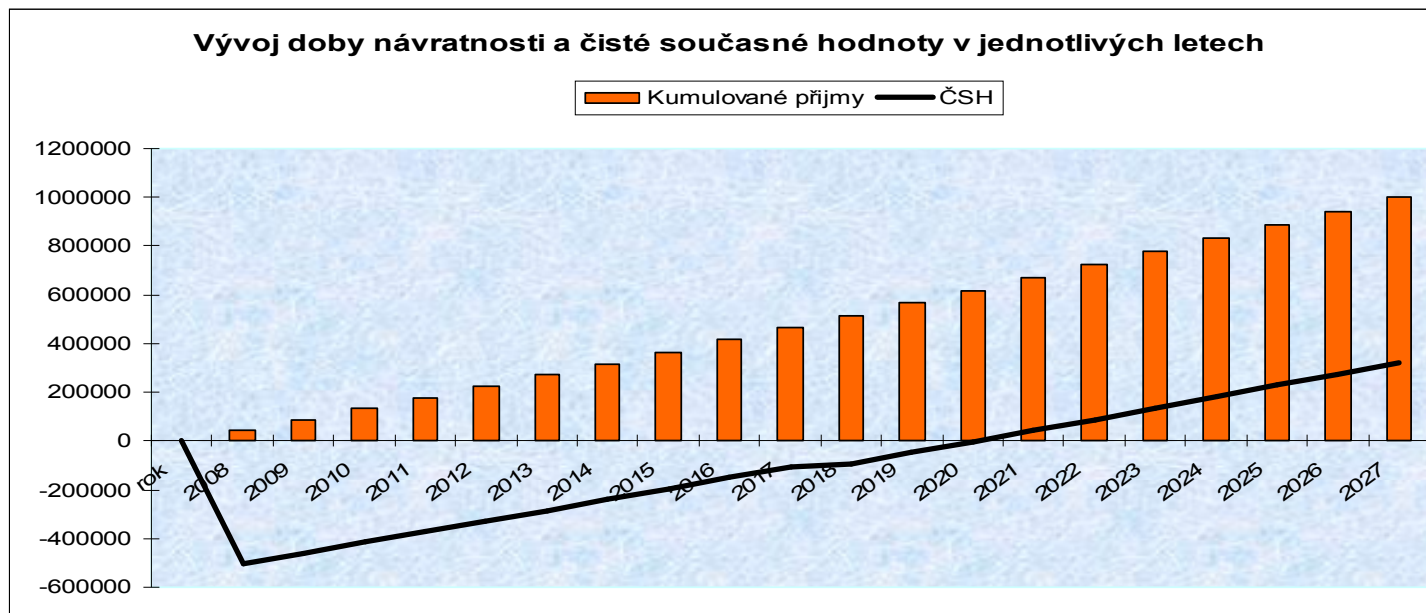
Zelený bonus zde představuje, v hodnotách 0, 2, 3 a 4%, vývoj příspěvku od státu pro dané období (v letech). Protože PPI se pohybuje mezi 2 až 4%, jsou tyto „okrajové“ hodnoty spíše pro demonstraci rozptylu této hodnoty. První tři řádky zobrazují jednotkovou cenu při rozdílném růstu PPI za 1 MWh. Čtvrtý řádek je výchozí pro poslední tři. Vyjadřuje roční hodnotu zeleného bonusu za akumulovanou energii. Poslední tři řádky vyjadřují skutečnou získanou částku při růstu PPI 2, 3 a 4%. Pro další výpočty je uvažovaná modální hodnota růstu PPI (3%).

Čistá současná hodnota s odečtem investice																					
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	rok
0	-501649,20	-457558,51	-412844,39	-367493,61	-321492,82	-274828,51	-227487,01	-179454,54	-130717,15	-81280,80	-82871,27	-11934,25	35764,68	92240,09	145506,62	199579,03	254472,16	310200,94	366780,37	424225,53	Kč
0,01	-502079,69	-458857,77	-415458,68	-371877,48	-328109,30	-284149,41	-239993,14	-195635,96	-151073,43	-106301,23	-93115,17	-47911,15	-2485,23	43166,43	89047,53	135161,63	181512,15	228102,37	274935,43	322014,29	Kč
0,02	-502501,75	-460123,16	-417988,04	-376090,94	-334428,60	-292990,03	-251776,41	-210781,15	-169999,89	-129428,45	-120862,87	-80699,38	-40734,42	-964,62	38613,20	78002,01	117204,63	156223,66	195061,52	233720,47	Kč
0,03	-502915,61	-461355,91	-420436,16	-380142,58	-340461,89	-301381,26	-262888,29	-224971,02	-187617,87	-150817,70	-146359,71	-110633,52	-75429,06	-40736,63	-6546,87	27149,26	60360,51	93095,29	125361,75	157167,75	Kč
Kumulovaný diskontovaný příjem																					
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	rok
Kč	43480,30	87570,99	132285,11	177635,89	223636,68	270300,99	317642,49	365674,96	414412,35	463888,70	514058,23	564995,25	616894,18	669169,59	722436,12	776508,53	831401,66	887130,44	943709,87	1001155,03	Kč
Vnitřní výnosové procento																					
	5,89	%																			

Příloha - obrázek 6: Softwarový nástroj – List 3 (část třetí)

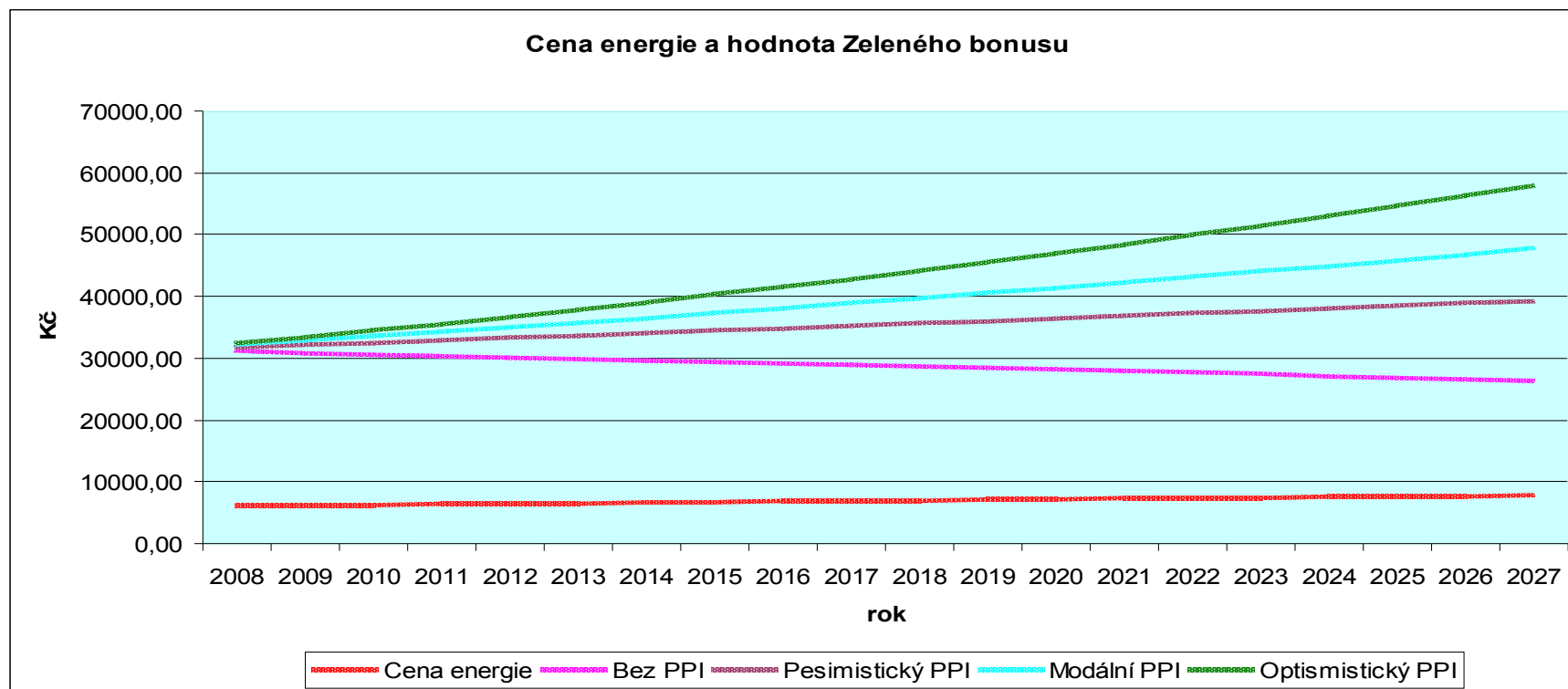
Čistá současná hodnota (s odčtem investice) představuje sofistikovanější ekonomický ukazatel, který disponuje s časovým zohledněním peněz. V roce 2018 zde vstupuje výdaj (2 x 15 800 Kč) – nákup nových akumulátorů. Světle zelenou barvou je zde zobrazen bod návratnosti investice (mezi roky 2019 a 2020).

Vnitřní výnosové procento lze definovat jako takovou úrokovou míru při které se současná hodnota peněžních příjmů rovná současné hodnotě kapitálových výdajů investice.



Příloha - obrázek 7: Softwarový nástroj – List 3

Tento graf vyjadřuje vývoj ČSH a kumulovaných příjmů. Z grafu bohužel není patrný mírný pokles růstu ČSH, který je dán růstem zeleného bonusu (3%) a zároveň poklesem výkonu fotovoltaických panelů (0,8%). Graf zohledňuje výdaj za akumulátory (2018) a počáteční investici.



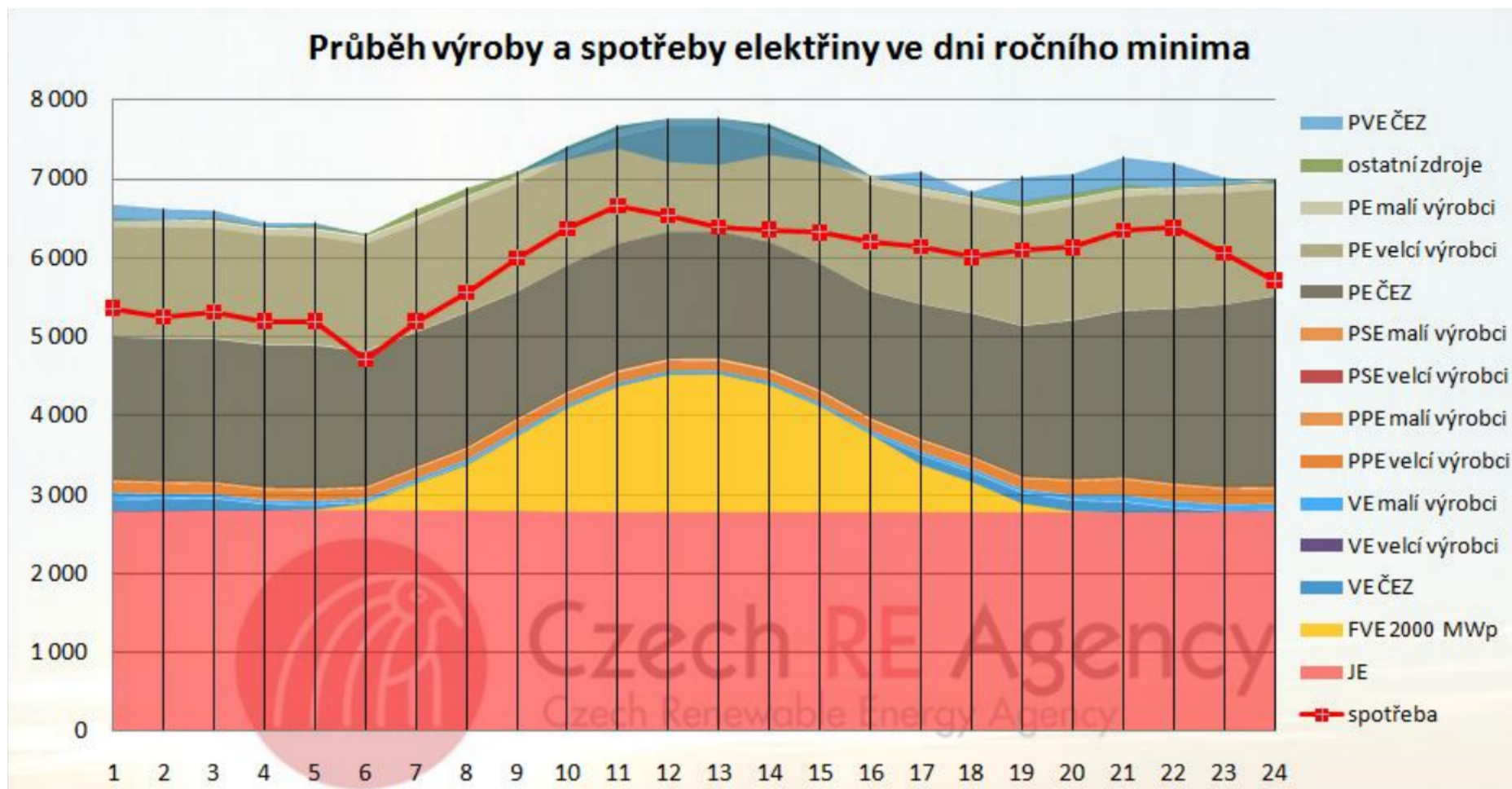
Příloha - obrázek 8: Softwarový nástroj – List 3

Graf vývoje ceny (dokoupené) energie a hodnoty zeleného bonusu vyjadřuje vliv snižování účinnosti (o 0,8% za rok) v závislosti na růstu PPI (2%, 3% a 4%).

Cena systému	545 129,50 Kč		Datum zapojení fotovoltaického systému	1.1.2008	
Baterie (po 10 letech)	31 600,00 Kč		Hodnota Zeleného bonusu	13,3	Kč/kWh
Zelený bonus	577 694,11 Kč		Náklady na odebranou kWh (2008)	4,04	Kč/kWh
Zelený bonus	792 663,92 Kč		Náklady na odebranou kWh (2009)	4,47	Kč/kWh
Dokoupená energie	141 428,89 Kč		Uvažovaná průměrná cena kWh (2008-2027)	4,8	Kč/kWh
Ušetřená energie	208 491,11 Kč		Cena za jistič	1656	Kč/rok
Čistá současná hodnota (20 let)	353 814,29 Kč		Pokles účinnosti	0,8	%/rok
Vnitřní výnosové procento	5,89 %		Výkon	3,15	MWh/rok
Účinnost systému v 1. roce	74,79 %		Index průmyslových cen (PPI)	2 až 4	%
Celkové příjmy	1 001 155,03 Kč		Uvažovaná životnost	20	let
Bilance	424 425,53 Kč				

Příloha - obrázek 9: Softwarový nástroj – List 4

Čtvrtý list obsahuje přehlednou rekapitulaci všech spočítaných ukazatelů a hodnot, a dále některé doplňující informace k systému.



Příloha - obrázek 10: Průběh výroby a spotřeby elektřiny ve dni ročního minima (zdroj: Czech RE Agency 2010; Bronislav Bechník ; www.czrea.org)

Podíl FVE na celkové výrobě je naznačen žlutou barvou.

Použité vzorce:

ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA:

$$\check{C}SH_I = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - N_I$$

kde:

CF_t ... očekávaná hodnota cash flow v období t

k ... podniková diskontní sazba

t ... období ($t=1, 2, \dots, n$)

n ... doba životnosti investice I

N_I ... náklady na investici I

VNITŘNÍ VÝNOSOVÉ PROCENTO:

$$IRR = i_n + \frac{\check{C}SH_n}{(\check{C}SH_n - \check{C}SH_v)} \cdot (i_v - i_n)$$

kde:

$\check{C}SH_n$... čistá současná hodnota při nižší úrokové míře

$\check{C}SH_v$... čistá současná hodnota při vyšší úrokové míře

i_n ... nižší úroková míra

i_v ... vyšší úroková míra